

ÉTUDE HISTORIQUE ET CRITIQUE

N° 593

DES

DIVERSES MÉTHODES PHYSIQUES

EMPLOYÉES POUR LA DÉTERMINATION

DU DEGRÉ ALCOOLIQUE

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue à l'École Supérieure de Pharmacie de Montpellier

Le **Juillet 1896**

PAR

Hildebert CROS

Né à Ouveillan (Aude), le 27 mai 1870

PRÉPARATEUR DE PHYSIQUE

Pour obtenir le grade de Pharmacien de 1^{re} Classe



MONTPELLIER

IMPRIMERIE GUSTAVE FIRMIN ET MONTANE

(Ancien Hôtel de la Faculté des Sciences)

M DCCC XCVI

Ecole Supérieure de Pharmacie de Montpellier

Professeurs

MM.

F. JEANJEAN (✱ I. P. ✱), directeur.	Chimie analytique et Toxicologie.
L. COURCHET (I. P. ✱)	{ Histoire naturelle des médicaments { Botanique
G. MASSOL (I. P. ✱)	<i>Physique.</i>
F. GAY (I. P. ✱)	<i>Pharmacie.</i>
C. ASTRE (A. ✱), chargé de cours	<i>Chimie générale.</i>

Cours complémentaires et auxiliaires

MM.

IMBERT, chargé du cours.	<i>Chimie minérale.</i>
JADIN, chargé du cours	<i>Minéralogie et Hydrologie.</i>
PLANCHON, chargé du cours. . .	<i>Matière médicale.</i>
PLANCHON, agrégé	<i>Organographie.</i>
JADIN, agrégé	<i>Pharmacie galénique.</i>

Agrégés

MM. C. ASTRE (A. ✱).
PLANCHON (A. ✱).
JADIN (A. ✱).
IMBERT (A. ✱), chargé des fonctions.

Secrétaire H. GOT (I. P. ✱).

Secrétaire honoraire : F.-J. BLAISE (I. P. ✱).

NOTA. — L'École de Pharmacie n'accepte la responsabilité d'aucune des opinions émises par les Candidats, dans les Thèses ou Synthèses qui lui sont présentées.

A Monsieur le Professeur MASSOL

*Hommage d'affection et de
reconnaissance.*

H. C.

INTRODUCTION

Les nombreuses transactions commerciales qui s'effectuent journellement sur les alcools, les boissons fermentées et les liqueurs sucrées, ont toutes pour base la richesse en alcool de ces liquides.

On voit conclure des marchés où la richesse alcoolique est fixée à un dixième de degré près, ce qui nous représente une approximation d'un litre d'alcool pour mille litres de vin. La rigueur est bien excessive, car, pour l'or et l'argent, qui assurément sont plus précieux, la tolérance est plus grande (3 millièmes pour l'or, 5 millièmes pour l'argent). On comprend donc qu'il est très important de connaître un procédé pratique et rapide qui permette de doser l'alcool avec la plus grande exactitude possible, et surtout qui puisse toujours donner des résultats comparables entre eux.

C'est pour ces raisons que beaucoup d'inventeurs se sont occupés de cette question, et il n'est guère de constante physique qu'ils n'aient utilisée.

Pour déterminer la proportion d'alcool contenue dans un spiritueux, on utilise la connaissance des nombreuses propriétés physiques des divers mélanges d'alcool et d'eau, si

bien que les procédés d'évaluation de l'alcool sont, pour ainsi dire, en nombre aussi considérable que celui des constantes physiques de ce liquide ; il n'en est pas une seule, en effet, qui n'ait servi à fonder une méthode permettant de déterminer le titre d'un mélange plus ou moins complexe. Par contre, l'on a fort rarement fait appel aux propriétés chimiques.

Le but de notre travail est précisément d'étudier successivement les différentes méthodes de dosage de l'alcool dans les spiritueux en les comparant entre elles. Nous ne ferons pas une description minutieuse des appareils, et nous passerons sous silence certains détails de construction, qui ont été souvent décrits dans les ouvrages classiques. Nous nous proposons, avant tout, de faire connaître les résultats que nous avons obtenus.

Pour cette étude, nous adopterons la classification qui nous paraît la plus rationnelle, c'est-à-dire que nous examinerons successivement les diverses constantes physiques en y rattachant les appareils auxquels elles ont donné naissance.

M. Vivien (1) a divisé les divers instruments en trois grandes catégories :

1^o Instruments ne détruisant pas le vin et donnant un dosage rapide ;

2^o Instruments détruisant le vin et donnant un dosage rapide ;

(1) *Bulletin de la Société d'hist. nat. de Savoie*, 1892, septembre-décembre, p. 54.

3° Instruments détruisant le vin, mais ne demandant qu'une très petite quantité de liquide.

Nous nous contentons de mentionner cette classification, qui n'a qu'un intérêt historique.

Avant de faire un dosage d'alcool, il est quelquefois nécessaire de s'assurer si le liquide soumis à l'examen contient réellement de l'alcool éthylique. Pour cela, on peut avoir recours à plusieurs procédés que nous n'avons pas besoin de décrire ici (procédé Pasteur — procédé Jacquemart, 1874, — procédé Riche et Bardy (1) —, procédé Muntz (2).

D'un autre côté, il est quelquefois intéressant de s'assurer si un alcool est réellement absolu. On y parvient de plusieurs façons :

1° On met un peu de poudre de chasse au fond d'une cuiller ; on y verse l'alcool et on l'enflamme. Si l'alcool est pur, le liquide brûle entièrement en enflammant la poudre ; si l'alcool est étendu d'eau, la poudre reste mouillée et ne s'enflamme pas (le *Cosmos*). Procédé insuffisant.

2° On ajoute à l'alcool à essayer une certaine quantité d'alcoolate de baryte. La moindre trace d'eau dans l'alcool donne un précipité blanc d'hydrate de baryte (Berthelot).

3° L'alcool absolu reste incolore au contact du permanganate de potasse en cristaux, mais l'alcool anhydre absorbe si facilement l'humidité atmosphérique que la coloration par

(1) *Journal Pharm. et Chim.*, t. XXIII, p. 420.

(2) *C. R. Ac. Sc.*, t. XCII, p. 499.

le caméléon violet a lieu presque instantanément (de Brumer).

4° Le sulfate de cuivre anhydre est très blanc ; si on le met dans l'alcool absolu, il reste incolore ; s'il y a de l'eau, le sulfate bleuit.

5° La baryte caustique ne change pas d'aspect dans l'alcool exempt d'eau ; dans le cas contraire, elle tombe en poussière.

6° La benzine pure agitée avec de l'alcool se trouble dès qu'il y a une petite quantité d'eau.

7° *L'anthraquinone en présence de l'amalgame de sodium* développe une magnifique coloration verte dans l'alcool absolu, tandis qu'elle sera d'un très beau rouge si l'alcool renferme des traces d'eau (Claus, 1878).

On rencontre l'alcool mélangé à de nombreuses substances : on le trouve dans le vin, la bière, le cidre, l'absinthe, etc.

La richesse alcoolique d'un spiritueux est l'indication des proportions exactes d'alcool absolu contenu dans un volume ou dans un poids déterminé de ce liquide.

Cette richesse est recherchée à l'aide de divers procédés et instruments utilisant la densité, le point d'ébullition, la capillarité, la distillation, etc.

Certaines méthodes très expéditives permettent de procéder à l'estimation approximative de la richesse en alcool d'un liquide.

Anciennement on se contentait de brûler l'alcool dans un tube cylindrique et d'apprécier la valeur de la liqueur d'après la quantité d'eau restante, procédé évidemment insuffisant.

On peut aussi examiner le degré d'inflammabilité de l'alcool

après en avoir imbibé une bande de papier à filtrer ; si, après la combustion de l'alcool, le papier prend feu aisément, c'est que l'alcool marquait plus de 80° ; si, au contraire, il s'enflamme difficilement, c'est que le degré est compris entre 75 et 80° ; enfin il ne s'enflamme pas du tout pour un alcool qui marque moins de 73° . Cela tient à ce que les alcools affaiblis laissent le papier imbibé d'une assez grande quantité d'eau qui s'oppose alors à la combustion.

Mais tous ces moyens ont été remplacés par d'autres beaucoup plus rigoureux empruntés aux méthodes physiques. Nous décrirons successivement les méthodes basées sur la densité, la capillarité, la dilatation, les températures d'ébullition, de congélation et d'inflammation, les tensions de vapeur, les solubilités, les indices de réfraction, la colorimétrie.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555604_0098

Nous manquerions à un devoir, qu'il est bien doux de remplir, si, avant d'entrer dans l'étude de notre sujet, nous ne rendions un témoignage public d'affection reconnaissante à M. le professeur Massol pour les conseils éclairés qu'il n'a cessé de nous prodiguer pendant tout le cours de notre travail. C'est lui qui nous a fourni notre sujet, c'est lui qui nous a soutenu quelquefois à l'heure du découragement, c'est grâce à lui que nous avons pu mener à bonne fin une entreprise d'aussi longue haleine.

Qu'il nous soit permis de remercier MM. les professeurs de l'Ecole de pharmacie des savantes leçons qu'ils nous ont données pendant le cours de nos études.

M. Roos, le directeur de la Station œnologique de l'Hérault, nous a beaucoup aidé dans notre travail. Il nous a fourni des renseignements qui nous ont été d'une grande utilité ; nous sommes heureux de l'en remercier.

MM. les constructeurs d'appareils œnologiques, Fontaine, Bénévolo, M. le Directeur de la Société centrale de produits chimiques, M. Dubosq, ont tous droit à notre reconnaissance pour la bienveillance avec laquelle ils ont toujours mis à notre disposition les clichés que nous leur avons demandés, et nous adressons à M. Dujardin, dont l'amabilité n'a jamais été trouvée en défaut, nos plus sincères remerciements.

ETUDE HISTORIQUE ET CRITIQUE
DES
DIVERSES MÉTHODES PHYSIQUES
EMPLOYÉES POUR LA DÉTERMINATION
DU DEGRÉ ALCOOLIQUE

CHAPITRE PREMIER

MÉTHODES BASÉES SUR LA DÉTERMINATION DE LA
DENSITÉ DU MÉLANGE D'EAU ET D'ALCOOL

Nous supposerons dans cette étude que l'on se propose de déterminer le degré alcoolique d'un mélange ne contenant que de l'eau et de l'alcool. S'il en était autrement, ainsi que cela se présente pour les vins, bières, cidres, rhums, cognacs, etc., l'on pourrait : 1° se débarrasser des matières solides qui influent sur la densité du liquide et procéder tout d'abord à une distillation (nous décrirons à la fin de ce chapitre la plupart des instruments qui ont été construits dans ce but, instruments qui sont très répandus aujourd'hui, et que l'on trouve tout aussi bien dans les laboratoires que chez les négoc-

ciants en vins et les propriétaires viticulteurs) ; 2° ou bien prendre successivement la densité du liquide primitif, puis la densité du même liquide dont on a chassé l'alcool.

A. Cas d'un mélange hydro-alcoolique ne renfermant que de l'eau et de l'alcool. — La détermination de la densité permet de faire connaître facilement la richesse alcoolique du liquide. Toutefois la densité n'est pas directement proportionnelle à la quantité d'alcool qui se trouve dans le liquide et une simple règle de proportion ne permet pas d'obtenir le résultat désiré. L'alcool et l'eau se mélangent en toutes proportions ; mais la dissolution s'accompagne de deux phénomènes corrélatifs : un dégagement de chaleur et une contraction.

Ces deux faits physiques se manifestent avec une intensité maximum lorsqu'à la température de 15° C, on ajoute l'eau et l'alcool dans les proportions suivantes : eau 47,7 vol., alcool 52,3 vol., ce qui donne seulement 96,35 vol. de mélange au lieu de 100 vol. Il a donc fallu construire des tables spéciales donnant les densités des divers mélanges d'alcool et d'eau.

Des tables très étendues et construites avec le plus grand soin furent dressées par Gilpin, de 1790 à 1794, sous la direction de Blagden (Philosophical Transactions, 1794). L'alcool employé par Gilpin avait une densité de 0,825 à 60° F; il n'était pas absolu.

Tralles déterminait la densité de l'alcool absolu déshydraté à l'aide du chlorure de calcium et trouva $D = 0,7939$ par rapport à l'eau prise à 60° F. Il vit en outre que l'alcool employé par Gilpin renfermait 82,2 parties en poids d'alcool absolu pour 10,8 p. d'eau. Il put ainsi transformer les tables de Gilpin, de telle manière qu'en connaissant la densité d'un mélange à la température à laquelle les tables furent construites, on trouvât en regard la proportion d'alcool en poids ou en

volume. Les tables de Tralles furent établies pour des températures comprises en $+ 4^{\circ}4$ et $+ 26^{\circ}7\text{C}$. (1).

Un savant français, Gay-Lussac, a déterminé, par des expériences directes, dont les résultats diffèrent très peu de ceux de Gilpin, les densités de divers mélanges d'eau et d'alcool à la température de 15°C rapportées à l'eau prise à la même température (2) (voir page 16). C'est vers 1820 que Gay-Lussac fit ses expériences, et il indiqua pour l'alcool absolu les densités suivantes : Alcool à $0^{\circ}\text{C} = 0,8095$; à $15^{\circ}5 = 0,7939$ et à $20^{\circ} = 0,7920$. Berzélius publia le nombre 0,7947 comme chiffre de la densité de l'alcool absolu à la température de 15° ayant été obtenu par Gay-Lussac. C'est en se basant sur ses recherches que ce dernier construisit l'alcoomètre centésimal. Ce savant ne publia pas ses précieux travaux, et les bases sur lesquelles il construisit son instrument furent longtemps discutées. Ce n'est qu'en 1862 que M. Vacher-Collardeau (3) publia les chiffres trouvés par Gay-Lussac pour les densités des mélanges hydro-alcooliques de 0 à 100 degrés à la température de $+ 15^{\circ}\text{C}$, l'eau à la même température étant prise pour unité.

Pouillet (4) établit en 1859 la concordance complète entre les résultats de Gay-Lussac et ceux qu'avaient trouvés Lowitz dès 1796, Gilpin et Blagden de 1790 à 1794. Il fit ainsi une simple comparaison, mais sans expériences. Cependant, von Baumhauer crut voir des *dissidences* considérables sur les densités d'alcool et il les signala, le 25 février 1860, à l'Académie d'Amsterdam et, le 19 mars suivant, à l'Académie des Sciences de Paris. Plus tard, von Baumhauer revint de son erreur et,

(1) Gilberts Annalen, t. XXXVIII, p. 386.

(2) Gay-Lussac. — *Instruction pour l'usage de l'alcoomètre*, 1824.

(3) *Revue de Chim. app.*, 1862, p. 30.

(4) C. R. *Mémoire Pouillet*, 16 mai 1859, t. XLVIII, p. 929.

tout en faisant connaître en quoi sa comparaison était défec-
tueuse, il proclama exacts les résultats de Lowitz, Gilpin,
Blagden et Gay-Lussac. Ses conclusions furent appuyées par
des expériences.

De ce qui précède on peut conclure que les densités des
mélanges d'alcool et d'eau sont connues d'une façon certaine.

Nous prendrons avec Pouillet D à $15^{\circ} 5/9$ ou $60^{\circ} F = 0,7946$,
ce qui donne à $15^{\circ} C$ $D = 0,7948$ pour l'alcool absolu.

Ces chiffres représentent des densités relatives. Pour avoir
les densités absolues, il faut les multiplier par 0,999125.

TABLEAU COMPARATIF DES DENSITÉS TROUVÉES

Par GILPIN, GAY-LUSSAC et BAUMHAUER

Alcool pour 100 en poids	Gilpin	Gay-Lussac	Baumhauser	Alcool pour 100 en poids	Gilpin	Gay-Lussac	Baumhauser
0	1000	1000	1000	55	907.5	907.7	907.6
5	991.3		991.2	60	896.2	896.3	896.2
10	984.0		983.9	65	884.5	884.7	884.6
15	977.6		977.5	70	872.7	872.9	872.8
20	972.1		971.5	75	860.8	861.0	861.0
25	965.3	965.2	965.0	80	848.7	848.8	841.1
30	957.8	957.8	957.7	85	836.2	836.3	836.4
35	949.2	949.3	949.0	90	823.2	823.2	823.2
40	939.7	939.8	939.5	95		794.7	809.6
45	929.5	929.6	929.6	100			794.8
50	918.7	918.8	918.7				

Dès lors, il suffira de déterminer la densité d'un mélange
hydro-alcoolique quelconque, dont on veut connaître le titre.
On se reportera ensuite aux tables de Gay-Lussac, on n'aura
qu'à lire la richesse alcoolique correspondante. Mais les tables
de Gay-Lussac ont été établies pour la température de $15^{\circ} C$,

et, quand on opérera à une température différente, la densité trouvée sera trop forte si la température est inférieure, trop faible si elle est supérieure. Il faudra donc opérer autant que possible à 15°, sinon il y aura lieu de faire une correction en se reportant aux tables dressées par Gay-Lussac et que nous donnons ci-après (p. 18 et suivantes).

MODE OPÉRATOIRE

L'on pourrait prendre la densité d'un mélange hydro-alcoolique par tous les procédés indiqués pour les liquides. Mais, soit que certains n'offrent pas une sensibilité suffisante, soit qu'ils n'aient pas été employés, nous ne les décrirons pas ici, nous contentant de renvoyer aux ouvrages de physique classiques dans lesquels ils se trouvent cités. Tels sont les procédés de la balance hydrostatique, du vase de Boudréaux, de la pesée d'un volume connu, de l'appareil de Babinet, de la balance de Jolly... etc. Nous décrirons successivement :

Le flacon à densité de Regnault et le picnomètre de Sprengel.

Les balances aréothermiques.

Les aréomètres de Fahrenheit, de Pâquet, de Rousseau, à volume constant.

Les aréomètres à volume variable de Baumé, Cartier, Beck, Vochmeter.

Les alcoomètres de Pouget et Borie, Tessa, Gay-Lussac, l'alcoomètre légal, qui donnent, par une simple lecture, le volume d'alcool contenu dans 100 vol. de liquide (avec correction de température), ainsi que les alcoomètres de Sykes, Tagliabue, Vochmeter, Kuppler, dont le principe diffère de celui de Gay-Lussac.

Les alcoomètres pondéraux de Lejeune, Richter et Tralles,

Table de correction du degré alcoolique d'un liquide ramené

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0°	1.5	2.6	3.6	4.6	5.6	6.7	7.8	8.8	9.9	11.0	12.2	13.4	14.7	16.1	17.5
1°	1.5	2.6	3.6	4.6	5.6	6.7	7.8	8.8	9.9	11.0	12.2	13.4	14.0	16.0	17.3
2°	1.5	2.6	3.6	4.6	5.6	6.7	7.8	8.8	9.9	11.0	12.2	13.4	14.0	16.0	17.2
3°	1.5	2.6	3.6	4.6	5.6	6.7	7.8	8.8	9.9	11.0	12.2	13.3	14.6	15.9	17.1
4°	1.5	2.6	3.6	4.6	5.6	6.7	7.8	8.8	9.9	11.0	12.2	13.3	14.5	15.8	16.9
5°	1.4	2.5	3.5	4.5	5.5	6.6	7.7	8.7	9.8	10.9	12.1	13.2	14.4	15.7	16.8
6°	1.4	2.5	3.5	4.5	5.5	6.6	7.7	8.7	9.8	10.9	12.1	13.1	14.3	15.6	16.7
7°	1.4	2.5	3.5	4.5	5.5	6.6	7.7	8.7	9.8	10.9	12.1	13.0	14.2	15.4	16.6
8°	1.4	2.5	3.5	4.5	5.5	6.6	7.7	8.7	9.8	10.9	12.1	13.0	14.1	15.3	16.4
9°	1.4	2.5	3.5	4.5	5.5	6.6	7.7	8.7	9.8	10.9	12.1	12.9	14.0	15.1	16.2
10°	1.4	2.4	3.4	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.6	11.7	12.7	13.8	14.9	16.0
11°	1.3	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4	7.4	8.4	9.4	10.5	11.6	12.6	13.6	14.7	15.8
12°	1.2	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3	7.3	8.3	9.3	10.4	11.5	12.5	13.5	14.6	15.6
13°	1.2	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2	8.2	9.2	10.3	11.5	12.4	13.4	14.4	15.4
14°	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1	10.2	11.2	12.2	13.2	14.2	15.2
15°	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
16°	0.9	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	10.9	11.9	12.9	13.9	14.9
17°	0.8	1.8	2.8	3.8	4.8	5.8	6.8	7.8	8.8	9.8	10.8	11.7	12.7	13.7	14.7
18°	0.7	1.7	2.7	3.7	4.7	5.7	6.7	7.7	8.7	9.7	10.7	11.6	12.5	13.5	14.5
19°	0.6	1.6	2.6	3.6	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.4	12.4	13.3	14.3
20°	0.5	1.5	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4	7.3	8.3	9.3	10.3	11.2	12.2	13.1	14.0
21°	0.4	1.4	2.3	3.3	4.3	5.2	6.2	7.1	8.1	9.1	10.1	11.0	11.9	12.8	13.7
22°	0.3	1.3	2.2	3.2	4.1	5.1	6.1	7.0	7.9	8.9	9.9	10.8	11.7	12.6	13.5
23°	0.1	1.1	2.1	3.1	4.0	4.9	5.9	6.8	7.8	8.7	9.7	10.6	11.5	12.4	13.3
24°	0.0	1.0	1.9	2.9	3.8	4.8	5.8	6.7	7.6	8.5	9.5	10.4	11.3	12.2	13.1
25°	0.0	0.8	1.7	2.7	3.6	4.6	5.5	6.5	7.4	8.3	9.3	10.2	11.1	12.0	12.8
26°	0.0	0.7	1.6	2.6	3.5	4.4	5.4	6.3	7.2	8.1	9.0	9.9	10.8	11.7	12.6
27°	0.0	0.5	1.5	2.4	3.3	4.3	5.2	6.1	7.0	7.9	8.8	9.7	10.6	11.5	12.3
28°	0.0	0.3	1.3	2.2	3.1	4.1	5.0	5.9	6.8	7.7	8.6	9.5	10.3	11.2	12.0
29°	0.0	0.1	1.1	2.0	2.9	3.9	4.8	5.7	6.6	7.5	8.4	9.2	10.1	11.0	11.8
30°	0.0	0.0	0.9	1.9	2.8	3.7	4.6	5.5	6.4	7.3	8.1	9.0	9.8	10.7	11.5

à la température de 15° centigrades (selon Gay-Lussac)

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
18.9	20.3	21.6	22.9	24.2	25.6	27.0	28.4	29.7	30.9	32.1	33.2	34.3	35.3	36.3	37.3	38.3	39.2
18.7	20.0	21.3	22.6	23.9	25.3	26.7	28.0	29.2	30.4	31.6	32.7	33.8	34.8	35.8	36.8	37.8	38.8
18.5	19.8	21.1	22.3	23.6	24.9	26.3	27.5	28.8	30.0	31.2	32.3	33.3	34.4	35.4	36.4	37.4	38.4
18.3	19.6	20.8	22.0	23.3	24.6	25.9	27.1	28.4	29.6	30.8	31.9	32.9	33.9	34.9	36.0	37.0	38.0
18.1	19.4	20.6	21.8	23.0	24.3	25.6	26.8	28.0	29.2	30.4	31.4	32.5	33.5	34.5	35.5	36.5	37.5
18.0	19.2	20.4	21.5	22.7	24.0	25.2	26.4	27.6	28.8	30.0	31.0	32.1	33.1	34.1	35.1	36.1	37.1
17.8	19.0	20.2	21.3	22.4	23.6	24.9	26.0	27.2	28.4	26.6	30.6	31.6	32.6	33.6	34.7	35.7	36.7
17.7	18.8	20.0	21.0	22.1	23.3	24.6	25.7	26.9	28.0	29.2	30.2	31.2	32.2	33.2	34.2	35.2	36.2
17.5	18.6	19.7	20.7	21.8	23.0	24.2	25.3	26.5	27.6	28.8	29.8	30.8	31.8	32.8	33.8	34.8	35.8
17.3	18.4	19.5	20.5	21.6	22.7	23.9	25.0	26.1	27.2	28.4	29.4	30.4	31.4	32.4	33.4	34.4	35.4
17.0	18.1	19.2	20.2	21.3	22.4	23.5	24.6	25.7	26.8	27.9	29.0	30.0	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0
16.8	17.9	19.0	20.0	21.0	22.1	23.2	24.3	25.4	26.5	27.6	28.6	29.6	30.6	31.6	32.6	33.6	34.6
16.6	17.6	18.7	19.7	20.7	21.8	22.9	24.0	25.1	26.1	27.2	28.2	29.2	30.2	31.2	32.2	33.2	34.2
16.4	17.4	18.5	19.5	20.5	21.5	22.6	23.6	24.7	25.7	26.8	27.8	28.8	29.8	30.8	31.8	32.8	33.8
16.2	17.2	18.2	19.2	20.2	21.2	22.3	23.3	24.3	25.3	26.4	27.4	28.4	29.4	30.4	31.4	32.4	33.4
16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0	33.0
15.9	16.9	17.8	18.7	19.7	20.7	21.7	22.7	23.7	24.7	25.7	26.6	27.6	28.6	29.6	30.6	31.6	32.5
15.6	16.6	17.5	18.4	19.4	20.4	21.4	22.4	23.4	24.4	25.4	26.3	27.3	28.2	29.2	30.2	31.2	32.1
15.4	16.3	17.3	18.2	19.1	20.1	21.1	22.0	23.0	24.0	25.0	25.9	26.9	27.8	28.8	29.8	30.8	31.7
15.2	16.1	17.0	17.9	18.8	19.8	20.8	21.7	22.7	23.6	24.6	25.5	26.5	27.4	28.4	29.4	30.4	31.3
14.9	15.8	16.7	17.6	18.5	19.5	20.5	21.4	22.4	23.3	24.3	25.2	26.1	27.1	28.0	29.0	30.0	30.9
14.6	15.5	16.4	17.3	18.2	19.1	20.1	21.1	22.1	23.0	23.9	24.8	25.7	26.7	27.6	28.6	29.6	30.5
14.4	15.3	16.2	17.0	17.9	18.8	19.8	20.7	21.7	22.6	23.6	24.4	25.3	26.3	27.2	28.2	29.2	30.1
14.1	15.0	15.9	16.7	17.6	18.5	19.5	20.4	21.4	22.3	23.2	24.1	25.0	25.9	26.8	27.8	28.8	29.7
13.9	14.8	15.7	16.5	17.4	18.3	19.2	20.1	21.1	21.9	22.8	23.7	24.6	25.5	26.4	27.4	28.4	29.3
13.6	14.5	15.4	16.2	17.1	18.0	18.9	19.8	20.7	21.6	22.5	23.3	24.3	25.2	26.1	27.0	28.0	28.9
13.4	14.2	15.1	15.9	16.7	17.7	18.6	19.5	20.4	21.3	22.2	23.0	23.9	24.8	25.7	26.6	27.6	28.5
13.1	14.0	14.8	15.6	16.5	17.4	18.3	19.2	20.1	20.9	21.8	22.7	23.6	24.4	25.3	26.2	27.2	28.1
12.8	13.7	14.5	15.3	16.1	17.0	18.0	18.9	19.7	20.6	21.5	22.3	23.2	24.0	24.9	25.8	26.8	27.7
12.6	13.4	14.2	15.0	15.8	16.7	17.6	18.5	19.4	20.3	21.1	21.9	22.8	23.7	24.5	25.4	26.4	27.3
12.3	13.1	13.9	14.7	15.5	16.4	17.3	18.2	19.1	19.9	20.8	21.6	22.5	23.3	24.2	25.0	26.1	26.9

Table de correction du degré alcoolique d'un liquide ramené

	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
0°	40.2	41.1	42.1	43.1	44.0	45.0	45.9	46.9	47.9	48.8	49.8	50.7	51.7	52.6	53.5
1°	39.8	40.8	41.8	42.7	43.7	44.6	45.5	46.5	47.5	48.4	49.4	50.3	51.3	52.2	53.2
2°	39.4	40.4	41.4	42.3	43.3	44.2	45.1	46.1	47.1	48.1	49.0	49.9	50.9	51.8	52.8
3°	39.0	40.0	41.0	42.0	42.9	43.9	44.8	45.8	46.7	47.7	48.6	49.6	50.5	51.5	52.4
4°	38.5	39.5	40.5	41.5	42.5	43.5	44.4	45.4	46.4	47.4	48.3	49.2	50.2	51.1	52.1
5°	38.1	39.1	40.1	41.1	42.1	43.1	44.0	45.0	45.9	46.9	47.9	48.8	49.8	50.7	51.7
6°	37.7	38.7	39.7	40.7	41.6	42.6	43.6	44.6	45.5	46.5	47.5	48.4	49.4	50.4	51.4
7°	37.2	38.2	39.2	40.2	41.2	42.2	43.2	44.2	45.1	46.1	47.1	48.1	49.1	50.1	51.0
8°	36.8	37.8	38.8	39.8	40.8	41.8	42.8	43.8	44.8	45.8	46.8	47.7	48.7	49.7	50.6
9°	36.4	37.4	38.4	39.4	40.4	41.4	42.4	43.4	44.4	45.4	46.4	47.3	48.3	49.3	50.2
10°	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	41.0	42.0	43.0	44.0	45.0	46.0	46.0	47.9	48.9	49.9
11°	35.6	36.6	37.6	38.6	39.6	40.6	41.6	42.6	43.6	44.6	45.6	46.6	47.6	48.6	49.5
12°	35.2	36.2	37.2	38.2	39.2	40.2	41.2	42.2	43.2	44.2	45.2	46.2	47.2	48.2	49.2
13°	34.8	35.8	36.8	37.8	38.8	39.8	40.8	41.8	42.8	43.8	44.8	45.8	46.8	47.8	48.8
14°	34.4	35.4	36.4	37.4	38.4	39.4	40.4	41.4	42.4	43.4	44.4	45.4	46.4	47.4	48.4
15°	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	41.0	42.0	43.0	44.0	45.0	46.0	47.0	48.0
16°	33.5	34.5	35.5	36.5	37.5	38.5	39.5	40.6	41.6	42.6	43.6	44.6	45.5	46.6	47.6
17°	33.1	34.1	35.1	36.1	37.1	38.1	39.1	40.2	41.2	42.2	43.2	44.2	45.2	46.2	47.2
18°	32.7	33.7	34.7	35.7	36.7	37.7	38.7	39.8	40.8	41.8	42.8	43.8	44.9	45.9	46.9
19°	32.3	33.3	34.3	35.3	36.3	37.3	38.3	39.4	40.4	41.4	42.5	43.5	44.5	45.5	46.5
20°	31.9	32.9	33.9	34.9	35.9	36.9	37.9	39.0	40.0	41.0	42.1	43.1	44.1	45.1	46.1
21°	31.5	32.5	33.5	34.5	35.5	36.5	37.5	38.6	39.6	40.6	41.7	42.7	43.7	44.8	45.8
22°	31.1	32.1	33.1	34.1	35.1	36.1	37.1	38.2	39.2	40.2	41.3	42.3	43.3	44.3	45.3
23°	30.7	31.7	32.7	33.7	34.7	35.7	36.7	37.8	38.8	39.8	40.9	41.9	42.9	43.9	44.9
24°	30.3	31.3	32.3	33.3	34.3	35.3	36.3	37.4	38.4	39.4	40.5	41.5	42.5	43.6	44.6
25°	29.9	30.9	31.9	32.9	33.9	34.9	35.9	37.0	38.0	39.0	40.1	41.1	42.2	43.2	44.2
26°	29.5	30.5	31.5	32.5	33.5	34.5	35.5	36.5	37.6	38.6	39.7	40.7	41.8	42.8	43.8
27°	29.1	30.1	31.1	32.1	33.1	34.1	35.1	36.1	37.2	38.2	39.3	40.3	41.4	42.4	43.4
28°	28.7	29.7	30.7	31.7	32.7	33.7	34.7	35.7	36.8	37.8	38.9	39.9	41.0	42.0	43.0
29°	28.3	29.3	30.3	31.3	32.3	33.3	34.3	35.3	36.3	37.4	38.5	39.5	40.6	41.6	42.6
30°	27.9	28.9	29.9	30.9	31.9	32.9	33.9	34.9	35.9	37.0	38.1	39.1	40.2	41.2	42.3

à la température de 15° centigrades (selon Gay-Lussac) (Suite)

49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
54.5	55.4	56.4	57.3	58.3	59.2	60.2	61.2	62.1	63.1	64.1	65.0	66.0	67.0	68.0	68.9	69.9	70.8
54.2	55.1	56.0	57.0	57.9	58.9	59.9	60.9	61.8	62.8	63.8	64.7	65.7	66.7	67.7	68.6	69.6	70.5
53.8	54.7	55.7	56.6	57.6	59.5	59.5	60.5	61.5	62.4	63.4	64.4	65.3	66.3	67.3	68.3	69.3	70.2
53.4	54.3	55.3	56.3	57.2	58.2	59.2	60.2	61.1	62.1	63.1	64.1	65.0	66.0	67.0	68.0	68.9	69.9
53.0	54.0	55.0	56.0	56.9	57.9	58.9	59.8	60.8	61.7	62.7	63.7	64.7	65.7	66.6	67.6	68.6	69.5
52.7	53.6	54.6	55.6	56.6	57.5	58.5	59.5	60.4	61.4	62.4	63.4	61.3	65.3	66.3	67.3	68.3	69.2
52.4	53.3	54.3	55.2	56.2	57.1	58.1	59.1	60.1	61.0	62.0	63.0	64.0	65.0	66.0	67.0	68.0	68.9
52.0	52.9	53.9	54.9	55.9	56.8	57.8	58.8	59.8	60.7	61.7	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.6	68.6
51.6	52.6	53.6	54.6	55.5	56.5	57.5	58.5	59.5	60.4	61.4	62.4	63.4	64.4	65.4	66.4	67.3	68.3
51.2	52.2	53.2	54.2	55.1	56.1	57.1	58.1	59.1	60.0	61.0	62.0	63.0	64.0	65.0	66.0	67.0	67.9
50.9	51.8	52.8	53.8	54.8	55.8	56.8	57.8	58.8	59.7	60.7	61.7	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.6
50.5	51.5	52.5	53.5	54.4	55.4	56.4	57.4	58.4	59.4	60.4	61.4	62.4	63.4	64.4	65.4	66.4	67.3
50.2	51.1	52.1	53.1	54.1	55.1	56.1	57.0	58.0	59.0	60.0	61.0	62.0	63.0	64.0	65.0	66.0	67.0
49.8	50.8	51.8	52.7	53.7	54.7	55.7	56.7	57.7	58.7	59.7	60.7	61.7	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7
49.4	50.4	51.4	52.3	53.3	54.3	55.3	56.3	57.3	58.3	59.3	60.3	61.3	62.3	63.3	64.3	65.3	66.3
49.0	50.0	51.0	52.0	53.0	54.0	55.0	56.0	57.0	58.0	59.0	60.0	61.0	62.0	63.0	64.0	65.0	66.0
48.6	49.6	50.6	51.6	52.6	53.6	54.6	55.6	56.6	57.6	58.6	59.6	60.6	61.7	62.7	63.7	64.7	65.7
48.3	49.3	50.3	51.3	52.3	53.3	54.3	55.3	56.3	57.3	58.3	59.3	60.3	61.3	62.3	63.3	64.3	65.3
47.9	48.9	49.9	50.9	51.9	52.9	53.9	54.9	55.9	56.9	57.9	58.9	59.9	61.0	62.0	63.0	64.0	65.0
47.3	48.5	49.5	50.6	51.6	52.6	53.6	54.6	55.6	56.6	57.6	58.6	59.6	60.6	61.6	62.7	63.7	64.7
47.2	48.2	49.2	50.2	51.2	52.2	53.2	54.2	55.2	56.2	57.2	58.2	59.2	60.3	61.3	62.3	63.3	64.3
46.8	47.8	48.8	49.8	50.8	51.8	52.9	53.9	54.0	55.9	56.9	57.9	58.9	59.9	61.0	62.0	63.0	64.0
46.4	47.4	48.4	49.4	50.4	51.4	52.5	53.5	54.5	55.5	56.5	57.5	58.5	59.5	60.6	61.6	62.7	63.7
46.0	47.0	48.0	49.1	50.1	51.1	52.1	53.1	54.1	55.1	56.1	57.1	58.1	59.2	60.2	61.3	62.3	63.3
45.6	46.6	47.6	48.7	49.7	50.7	51.8	52.8	53.8	54.8	55.8	56.8	57.8	58.9	59.9	61.0	62.0	63.0
45.2	46.3	47.3	48.3	49.3	50.3	51.4	52.4	53.4	54.4	55.5	56.5	57.5	58.5	59.5	60.6	61.6	62.6
44.9	45.9	46.9	47.9	49.0	50.0	51.0	52.0	53.0	54.0	55.1	56.1	57.1	58.1	59.2	60.2	61.3	62.3
44.5	45.5	46.5	47.5	48.6	49.6	50.7	51.7	52.7	53.7	54.8	55.8	56.8	57.8	58.9	59.9	60.9	61.9
44.1	45.1	46.1	47.2	48.2	49.2	50.3	51.3	52.3	53.3	54.4	55.6	56.4	57.5	58.5	59.5	60.6	61.6
43.7	44.7	45.7	46.8	47.8	48.9	49.9	51.0	52.0	53.0	54.0	55.0	56.0	57.1	58.1	59.2	60.2	61.2
43.3	44.3	45.4	46.4	47.5	48.5	49.6	50.6	51.6	52.6	53.6	54.7	55.7	56.7	57.8	58.8	59.9	60.9

Table de correction du degré alcoolique d'un liquide ramené

Température en degrés centigrades																
	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
0°	71.8	72.7	73.7	74.7	75.6	76.6	77.6	78.6	79.5	80.5	81.5	82.4	83.3	84.3	85.2	86.2
1°	71.5	72.4	73.4	74.3	75.3	76.3	77.3	78.3	79.2	80.2	81.2	82.1	83.1	84.0	85.0	85.9
2°	71.1	72.1	73.2	74.0	75.0	76.0	77.0	78.0	78.9	79.9	80.9	81.9	82.8	83.7	84.7	85.6
3°	70.8	71.8	72.8	73.7	74.7	75.7	76.7	77.7	78.6	79.6	80.6	81.6	82.5	83.5	84.4	85.4
4°	70.5	71.5	72.5	73.4	74.4	75.3	76.3	77.3	78.3	79.3	80.3	81.3	82.2	83.2	84.2	85.1
5°	70.2	71.2	72.2	73.1	74.1	75.0	76.0	77.0	78.0	79.0	80.0	81.0	81.9	82.9	83.9	84.8
6°	69.9	70.9	71.9	72.8	73.8	74.7	75.7	76.7	77.7	78.7	79.7	80.7	81.6	82.6	83.6	84.5
7°	69.6	70.6	71.5	72.5	73.5	74.4	75.4	76.4	77.4	78.4	79.4	80.4	81.4	82.3	83.3	84.2
8°	69.3	70.2	71.2	72.2	73.2	74.1	75.1	76.1	77.1	78.1	79.1	80.1	81.1	82.0	83.0	84.0
9°	68.9	69.9	70.9	71.9	72.9	73.8	74.8	75.8	76.8	77.8	78.8	79.8	80.8	81.7	82.7	83.7
10°	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.5	74.5	75.5	76.5	77.5	78.5	79.5	80.5	81.5	82.4	83.4
11°	68.3	69.3	70.3	71.3	72.3	73.2	74.2	75.2	76.2	77.2	78.2	79.2	80.2	81.2	82.2	83.1
12°	68.0	69.0	70.0	71.0	72.0	72.9	73.9	74.9	75.9	76.9	77.9	78.9	79.9	80.9	81.9	82.9
13°	67.7	68.7	69.7	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6	78.6	79.6	80.6	81.6	82.6
14°	67.3	68.3	69.3	70.3	71.3	72.3	73.3	74.3	75.3	76.3	77.3	78.3	79.3	80.3	81.3	82.3
15°	67.0	68.0	69.0	70.0	71.0	72.0	73.0	74.0	75.0	76.0	77.0	78.0	79.0	80.0	81.0	82.0
16°	66.7	67.7	68.7	69.7	70.7	71.7	72.7	73.7	74.7	75.7	76.7	77.7	78.7	79.7	80.7	81.7
17°	66.3	67.3	68.3	69.3	70.3	71.3	72.3	73.3	74.3	75.4	76.4	77.4	78.4	79.4	80.4	81.4
18°	66.0	67.0	68.0	69.0	70.0	71.0	72.0	73.0	74.0	75.1	76.1	77.1	78.1	79.1	80.1	81.1
19°	65.7	66.7	67.7	68.7	69.7	70.7	71.7	72.7	73.7	74.7	75.8	76.8	77.8	78.8	79.8	80.8
20°	65.3	66.4	67.4	68.4	69.4	70.4	71.4	72.4	73.4	74.4	75.5	76.5	77.5	78.5	79.5	80.5
21°	65.0	66.0	67.0	68.1	69.1	70.1	71.1	72.1	73.1	74.1	75.2	76.2	77.2	78.2	79.2	80.2
22°	64.7	65.7	66.7	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.8	74.8	75.9	76.9	77.9	78.9	79.9
23°	64.3	65.4	66.4	67.4	68.4	69.4	70.5	71.5	72.5	73.5	74.5	75.5	76.6	77.6	78.6	79.6
24°	64.0	65.0	66.0	67.1	68.1	69.1	70.1	71.2	72.2	73.2	74.2	75.2	76.3	77.3	78.3	79.3
25°	63.7	64.7	65.7	66.7	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.9	74.9	76.0	77.0	78.0	79.0
26°	63.3	64.3	65.3	66.4	67.4	68.4	69.5	70.5	71.5	72.5	73.6	74.6	75.6	76.7	77.7	78.7
27°	63.0	64.0	65.0	66.0	67.1	68.1	69.2	70.2	71.2	72.2	73.3	74.3	75.3	76.3	77.4	78.4
28°	62.6	63.7	64.7	65.7	66.8	67.8	68.8	69.9	70.9	71.9	73.0	74.0	75.0	76.0	77.1	78.1
29°	62.3	63.3	64.3	65.4	66.4	67.4	68.5	69.5	70.6	71.6	72.6	73.7	74.7	75.7	76.7	77.8
30°	61.9	63.0	64.0	65.0	66.1	67.1	68.2	69.2	70.3	71.3	72.3	73.3	74.4	75.4	76.4	77.5

à la température de 15° centigrades (selon Gay-Lussac) (Suite)

83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
87.1	88.0	88.9	89.9	90.8	91.7	92.6	93.6	94.5	95.3	96.2	97.1	98.0	98.8	99.7	100.0	100.0	»
86.8	87.8	88.7	89.6	90.5	91.5	92.4	93.3	94.3	95.1	96.0	96.9	97.8	98.6	99.5	100.0	100.0	»
86.6	87.5	88.5	89.4	90.3	91.2	92.2	93.1	94.0	94.9	95.8	96.7	97.6	98.5	99.3	100.0	100.0	»
86.3	87.3	88.2	89.2	90.1	91.0	91.9	92.9	93.8	94.7	95.6	96.5	97.4	98.3	99.2	100.0	100.0	»
86.1	87.0	87.9	88.9	89.8	90.8	91.7	92.7	93.6	94.5	95.4	96.3	97.2	98.1	99.0	99.9	100.0	»
85.8	86.7	87.7	88.6	89.6	90.5	91.5	92.4	93.4	94.3	95.2	96.1	97.0	97.9	98.8	99.7	100.0	»
85.5	86.5	87.4	88.4	89.3	90.2	91.2	92.2	93.1	94.1	95.0	95.9	96.8	97.8	98.7	99.6	100.0	»
85.2	86.2	87.2	88.1	89.1	90.0	91.0	91.9	92.9	93.9	94.8	95.7	96.6	97.6	98.5	99.4	100.0	»
85.0	85.9	86.9	87.9	88.8	89.8	90.7	91.7	92.7	93.6	94.6	95.5	96.4	97.4	98.3	99.2	100.0	»
84.7	85.7	86.6	87.6	88.6	89.5	90.5	91.5	92.5	93.4	94.4	95.3	96.2	97.2	98.1	99.1	100.0	»
84.4	85.4	86.4	87.4	88.3	89.3	90.2	91.2	92.2	93.2	94.2	95.1	96.0	97.0	98.0	98.9	99.9	»
84.1	85.1	86.1	87.1	88.0	89.0	90.0	91.0	92.0	92.9	93.9	94.4	95.8	96.8	97.8	98.7	99.7	»
83.9	84.8	85.8	86.8	87.8	88.7	89.7	90.8	91.7	92.7	93.7	94.7	95.6	96.6	97.6	98.5	99.5	»
83.6	84.6	85.5	86.5	87.5	88.5	89.5	90.7	91.5	92.5	93.5	94.4	95.4	96.4	97.4	98.4	99.3	»
83.3	84.3	85.3	86.3	87.3	88.2	89.2	90.2	91.2	92.2	93.2	94.2	95.2	96.2	97.2	98.2	99.2	»
83.0	84.0	85.0	86.0	87.0	88.0	89.0	90.0	91.0	92.0	93.0	94.0	95.0	96.0	97.0	98.0	99.0	100.0
82.7	83.7	84.7	85.7	86.7	87.7	88.7	89.7	90.8	91.8	92.8	93.8	94.8	95.8	96.8	97.8	98.8	99.8
82.4	83.4	84.4	85.4	86.4	87.4	88.4	89.5	90.5	91.5	92.6	93.6	94.6	95.6	96.6	97.6	98.7	99.7
82.1	83.1	84.1	85.2	86.2	87.2	88.2	89.2	90.2	91.3	92.3	93.3	94.3	95.4	96.4	97.4	98.5	99.5
81.9	82.9	83.9	84.9	85.9	86.9	87.9	88.9	90.0	91.1	92.1	93.1	94.1	95.2	96.2	97.3	98.3	99.3
81.6	82.6	83.6	84.6	85.6	86.6	87.7	88.7	89.7	90.8	91.8	92.9	93.9	95.0	96.0	97.1	98.1	99.1
81.3	82.3	83.3	84.3	85.3	86.4	87.4	88.4	89.5	90.5	91.6	92.6	93.7	94.7	95.8	96.9	97.9	99.0
81.0	82.0	83.0	84.0	85.0	86.1	87.1	88.2	89.2	90.2	91.3	92.4	93.4	94.5	95.6	96.7	97.7	98.8
80.7	81.7	82.7	83.8	84.8	85.8	86.8	87.9	89.0	90.0	91.1	92.1	93.2	94.3	95.4	96.5	97.5	98.6
80.4	81.4	82.4	83.5	84.5	85.5	86.5	87.6	88.7	89.7	90.8	91.9	93.0	94.1	95.2	96.2	97.3	98.4
80.1	81.1	82.2	83.2	84.2	85.2	86.3	87.4	88.4	89.5	90.6	91.6	92.7	93.8	94.9	96.0	97.1	98.2
79.8	80.8	81.8	82.9	83.9	84.9	86.0	87.1	88.2	89.2	90.3	91.4	92.5	93.6	94.7	95.8	96.9	98.1
79.5	80.5	81.5	82.6	83.6	84.7	85.7	86.8	87.9	89.0	90.1	96.1	92.2	93.4	94.5	95.6	96.7	97.9
79.3	80.2	81.2	82.3	83.8	84.4	85.4	86.5	87.6	88.7	89.8	90.9	92.0	93.1	94.3	95.4	96.5	97.7
78.9	79.9	80.9	82.0	83.0	84.1	85.1	86.2	87.3	88.4	89.5	90.6	91.7	92.9	94.1	95.2	96.3	97.5
78.6	79.6	80.6	81.7	82.7	83.8	84.9	86.0	87.1	88.2	89.2	90.4	91.5	92.7	93.8	95.0	96.1	97.3

Richter ou Stoppani, qui donnent, par une simple lecture, le poids d'alcool contenu dans 100 gr. du mélange.

Flacon à densité de Regnault. --- Picnomètre (1). — Ce procédé a été imaginé par Klaproth et définitivement employé pour la détermination des densités par Regnault. On met le flacon vide et bien sec dans l'un des plateaux d'une balance de précision ; dans l'autre plateau, on met un poids supérieur à celui du flacon et à celui qu'il peut avoir plein du liquide. On fait ensuite l'équilibre en ajoutant à côté du flacon des poids marqués.

On remplit le flacon de liquide en se servant d'un entonnoir capillaire qui traverse la partie effilée ; l'air contenu dans le flacon s'échappe par l'espace annulaire extérieur. De même on vide le flacon à l'aide d'un siphon capillaire ; l'air s'introduit par le siphon et le liquide s'échappe par l'espace annulaire.

Le flacon rempli, on le plonge dans un bain à 15°, si on veut avoir la densité à 15°, ou dans de la glace fondante, si on veut l'avoir à 0°. On enlève avec un tortillon de papier buvard tout le liquide qui dépasse le trait marqué sur la tige. On retire le flacon du bain, on l'essuie, et on laisse reprendre la température du laboratoire (cette précaution est essentielle pour l'exactitude de la pesée) ; on l'essuie de nouveau et on le porte sur le plateau de la balance ; la tare étant la même, on rétablit l'équilibre. Le poids du liquide introduit est égal à la différence des poids marqués ajoutés successivement à côté du flacon vide d'abord, plein ensuite. Soit P le poids du liquide

(1) En Allemagne, au lieu du flacon à densité employé en France, on se sert d'une sorte de tube en U à extrémités étirées et coudées à angle droit et appelé : Picnomètre de Sprengel. On opère avec lui de la même façon qu'avec le flacon à densité.

hydro-alcoolique dont on cherche la densité. On opérera dans les mêmes conditions sur un égal volume d'eau. Soit P' ce poids :

$$D = \frac{P}{P'}$$

On obtient ainsi la densité brute, et, pour avoir la densité exacte, il faut faire subir au chiffre trouvé certaines corrections. Nous donnons ici la formule appliquée :

$$D = \frac{P}{P'} e - \frac{P - P'}{P'} a$$

e étant le poids spécifique de l'eau, a étant le poids spécifique de l'air.

Balances aréothermiques — Nous nous sommes servi de la balance de Reimann. Les bras du fléau sont divisés en dix parties égales correspondant à des encoches destinées à recevoir des cavaliers. A l'une des extrémités du fléau, le bras droit, par exemple, peut être suspendu à un crochet, par un mince fil de platine, un flotteur portant un thermomètre. Ce flotteur fait équilibre dans l'air à un contre-poids ; si on le plonge dans l'eau distillée à 15°, l'équilibre est détruit. On le rétablit en attachant le plus gros cavalier au crochet qui porte le flotteur. Le poids de l'eau déplacée est égal à celui du cavalier. Nous nous plaçons ici dans le cas de la détermination de la densité d'un corps plus léger que l'eau. Dans l'éprouvette de verre qui accompagne l'appareil, on verse le liquide dont on veut connaître la densité ; on place le grand cavalier dans l'une des entailles 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, de façon à rétablir l'équilibre. Si l'équilibre n'est pas rétabli, on ajoute des cavaliers de plus en plus petits, dont la valeur varie de

0,1 à 0,9
 0,01 à 0,09
 0,001 à 0,009
 0,0001 à 0,0009

suivant l'entaille (1 à 9) sur laquelle il est placé.

Volumètres et densimètres. — Les volumètres donnent la densité des liquides par un calcul bien simple, et les densimètres par une simple lecture. Ces appareils ont la même forme que les aréomètres à poids constant.

Soient e le poids de l'unité de volume de l'eau

— d — — — de la dissolution

— D — — — du liquide dans lequel

l'instrument affleure à la division n .

V le volume de l'instrument jusqu'au O .

Le poids de l'eau déplacée par l'instrument est Ve , celui de la dissolution est $(V - 15\ v)\ d$, et celui du liquide $(V - nv)\ D$; on a donc

$$Ve = (V - 15\ v)\ d$$

$$Ve = (V - n\ v)\ D$$

d'où

$$\frac{V}{v} = \left(\frac{V}{v} - 15 \right) \frac{d}{e} \quad (1)$$

$$\frac{V}{v} = \left(\frac{V}{v} - n \right) \frac{D}{e} \quad (2)$$

Par l'équation (1), on connaît le rapport $\frac{V}{v}$ qui, porté dans l'équation (2) donne $\frac{D}{e}$, c'est-à-dire la densité du liquide par rapport à l'eau. En supposant $e = 1$, on tire de l'équation (2)

$$D = \frac{\frac{V}{v}}{\frac{V}{v} - n} \text{ pour le cas des liquides moins denses que l'eau.}$$

$\frac{V}{v}$ est ce que l'on appelle le module ou la caractéristique de l'instrument.

Voici en fonction du module les formules qui conduisent à la détermination de la densité quand on emploie les aréomètres qui sont d'un usage courant dans les divers pays :

$$\begin{aligned} \text{Aréomètre hollandais officiel} & \quad D = \frac{144}{144 + n} \\ \text{Aréomètre Beck (Allemagne)} & \quad D = \frac{170}{170 + n} \\ \text{Aréomètre de Twaddle (Angleterre)} & \quad D = \frac{200}{200 + n} \\ \text{Aréomètre Brix (Allemagne)} & \quad D = \frac{400}{400 + n} \end{aligned}$$

ARÉOMÈTRES (ἀραιός, léger)(1)

Ce sont des instruments que l'on fait flotter dans les liquides dont ils indiquent la densité ou le degré de concentration. Ils sont lestés de façon à se maintenir verticaux ; les uns sont munis d'une tige portant un point de repère jusqu'où on les fait affleurer et sont surmontés d'un plateau, sur lequel on met des poids ; les autres n'ont ni plateau ni point de repère, mais leur tige est graduée et s'enfonce plus ou moins : les premiers portent le nom d'aréomètres à poids variable et à

(1) Historique. — L'aréomètre à poids constant est connu depuis fort longtemps ; il portait le nom de baryllium. Muschœmbroëck est le premier auteur qui le signale sous le nom d'aréomètre. Son invention est d'ordinaire attribuée à Hypathie, philosophe et mathématicienne, fille de Théon, qui vivait à Alexandrie au IV^e siècle (370 ? - 415). Il était certainement en usage chez les apothicaires du IV^e siècle de l'ère chrétienne. (Gerland, *Wied, ann.*, I, 1877). Il semble toutefois que des appareils de ce genre aient déjà été employés par Archimède (Jamin et Bouty, *Cours de physique*. — Violle, *Cours de physique*).

volume constant ; les seconds s'appellent aréomètres à poids constant et volume variable. Il existe également des aréomètres à poids et à volumes variables.

I ARÉOMÈTRES A VOLUME CONSTANT. — 1° *Aréomètre Farenheit* pour les liquides moins lourds que l'eau. — Prendre le poids π de l'aréomètre. Faire affleurer successivement dans le liquide et dans l'eau distillée, en mettant respectivement sur la coupelle les surcharges a et b nécessaires :

$$D = \frac{\pi + a}{\pi + b}$$

MM. Pinson et Petit l'ont employé pour la détermination des richesses alcooliques des liquides soumis à des expériences scientifiques.

M. Salleron s'en est également servi pour construire l'échelle de son ébulliomètre.

M. Viard, dans son traité sur les vins, signale cet appareil comme ne servant qu'à des essais scientifiques, tandis que M. Jamin, dans son cours de physique, nous le mentionne comme un appareil assez peu précis pour qu'il y ait intérêt à effectuer les corrections relatives à la dilatation.

II. ARÉOMÈTRES A POIDS ET A VOLUMES VARIABLES. — 1° *Aréomètre de Pâquet*. — Verser dans le réservoir de l'aréomètre du liquide jusqu'à la division n ; enlever soigneusement avec du papier buvard toute gouttelette adhérente aux parois ; lire sur la tige le point d'affleurement N dans l'eau distillée :

$$D = \frac{10 u + N}{10 u + n}$$

u étant le volume en centimètres cubes du fond de la capsule jusqu'au zéro.

2° *Aréomètre de Rousseau*. — Introduire dans le réservoir de l'appareil 1^{cc} exactement mesuré du liquide, et lire sur la tige l'affleurement n dans l'eau distillée.

$$D = \frac{n}{100}$$

III. ARÉOMÈTRES A VOLUME VARIABLE. — Leur graduation placée sur la tige est, tantôt arbitraire, tantôt établie d'une manière rationnelle : dans le premier cas, qui est celui des appareils dûs à Baumé, les résultats ne sauraient être généraux, ils sont de pure convention ; ces appareils sont les pèse-sels, les pèse-acides, les pèse-esprits ; dans le second cas, la division indique exactement la densité du liquide dans lequel flotte l'appareil qui prend alors le nom de densimètre.

1° *Aréomètre de Baumé* pour les liquides moins denses que l'eau. Il marque 47°25 dans l'alcool pur, chiffre qui correspond à 100° G.-L. Donc 1/10 de degré de cet instrument représente 0,21 de G.-L. ; il est par conséquent deux fois moins sensible.

Pour obtenir les poids spécifiques correspondant aux degrés Baumé, on se sert de la formule.

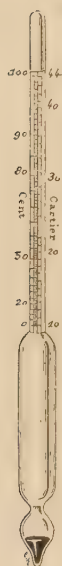
$$d = \frac{144,3}{144,3 + n}$$

n étant le nombre de degrés lus sur l'appareil.

2° *Alcoomètre de Cartier*. — Cartier, ouvrier orfèvre, employé par Baumé à la construction de son aréomètre, dans un but de concurrence, copia avec de légères modifications l'aréomètre précédent. Malgré les justes réclamations de Baumé, il

réussit à faire adopter son appareil comme pèse-liqueur officiel. Cet instrument fut légal jusqu'à Gay-Lussac.

Les bases précises sur lesquelles l'aréomètre Cartier fut construit ne sont pas connues, aussi, à la disparition de son constructeur, commença-t-il à perdre de sa vogue, et Gay-Lussac dans la comparaison avec son alcoomètre n'arriva qu'à des résultats approximatifs.



A 12° C, le Cartier marque 10° dans l'eau distillée. Cartier ne fixa pas de second point et il établit ensuite à son gré une division, à parties égales, dont le 29° degré coïncide à peu près avec le 31° B. C'est à cet appareil que se rapportent les dénominations d'alcools à 25, 30, 40 degrés ou d'eaux-de-vie à 19, 20, 22 degrés.

La Société centrale de produits chimiques construit des alcoomètres portant les degrés Cartier et les degrés centésimaux.

L'alcoomètre Cartier est encore employé dans quelques colonies pour doser les rhums et les tafias. Il est adopté par les douanes de Montévidéo (Uruguay).

Les degrés de l'aréomètre de Cartier n'ont aucun rapport avec la richesse en alcool : ainsi du 12° au 13° degré Cartier, il y a une différence de 7 0/0 d'alcool pur, et, du 35° au 36°, il n'y a plus qu'une différence de 1,6 0/0 d'alcool pur, comme le montre la table suivante due à Gay-Lussac.

Tableau.

Tableau de correspondance des degrés Gay-Lussac,
Cartier, Baumé

GAY-LUSSAC	CARTIER	BAUMÉ	GAY-LUSSAC	CARTIER	BAUMÉ
0.0	10	10	69.0	25.8	27
5.0	10.92	11	69.4	26	
5.3	11		71.0	26.7	28
10.0	11.84	12	71.8	27	
11.0			73.0	27.5	29
11.3	12		74.0	28	
17.0	12.8	13	75.0	28.4	30
18.4	13		76.0		
23.0	13.6	14	76.3	29	
25.0			77.0	29.4	31
25.4	14		78.4	30	
29.0	14.5	15	79.0	30.3	32
31.7			80.5	31	
32.0	15		81.0	31.3	33
34.0	15.4	16	82.4	32	
36.8			83.0	32.3	34
37.9	16		84.0	32.8	35
39.0	16.4	17	84.3	33	
41.5			85.0	33.3	36
42.5	17		86.2	34	
43.0	17.35	18	88.0	35	37
45.5	18		89.0	35.6	38
47.0	18.4	19	89.6	36	
49.0			90.0	36.7	39
49.2	19		91.1	37	
50.0	19.2	20	92.0	37.6	40
52.5			92.6	38	
53.4	20		93.0	38.3	41
53.0	20.1	21	94.0	39	
55.7			95.0	39.7	42
56.5	21		95.4	40	
56.0	21.1	22	96.0	40.5	43
58.7	22		96.6	41	
59.0		23	97.0	41.4	44
59.2	22.1		97.7	42	
61.0	22.8	24	98.0	42.3	45
61.5	23		98.8	43	
64.0	23.9	25	99.0	43.2	46
64.2	24		99.9	44	
66.0	24.7	26	100.0	44.2	47
66.2					
66.9	25				

3° *Alcoomètre de Beck.* — Cet alcoomètre, qui exige l'emploi de tables auxiliaires, est usité dans certaines parties de l'Allemagne. L'échelle est arbitraire; divisée en parties égales. Le zéro correspond à l'affleurement dans l'eau distillée à 10° R ou 12°5 Celsius (centigrades), le trentième degré correspond à l'affleurement dans un liquide dont $D = 0,830$ qui correspond à l'alcool à 90° de l'échelle légale.

Degrés Beck	Degrés Tralles
0	0
10	45,8
20	69,2
30	85,9
40	97,7
42	99,4
42,28	100,0

4° *Alcoomètre de Pouget et Borie, de Cette.* — Il fut construit en 1772. Un thermomètre se trouvait adapté à l'instrument qui était, au commencement du siècle, le seul dont on se servait dans le Midi. On déterminait le degré au moyen de poids en argent; le plus pesant donnait la preuve de Hollande et le plus léger le 3/7. Nous croyons utile de donner la description complète de cet appareil, qui est aujourd'hui abandonné.

5° *Alcoomètre de Tessa.* — Vers la fin du siècle dernier, on s'est beaucoup servi dans les Charentes de l'alcoomètre de Tessa (physicien de Bordeaux) sous le nom d'éprouvette pour la vente des cognacs et des armagnacs. Son échelle était arbitraire et on n'a pas de table officielle. Il a été gradué à $+12^{\circ}1/2c$. Son échelle se compose de 17 degrés divisés chacun en huit parties égales; chaque degré vaut à peu près 3° Gay-Lussac, disent les uns, et plus, disent les autres; le 0° T correspond

à 45° centésimaux à peu près ; le 1^{er} degré correspond à peu près au 42° G-L ; le 4° au 60° et le 16° au 90° (1).

1° T diffère peu de 1,13 Cartier et le degré 3 3/4 du T coïncide à peu près avec le 22° degré Cartier (2).

6° *Alcoomètre centésimal de Gay-Lussac.* — Cet instrument, que Gay-Lussac nous fit connaître dès 1824, n'est autre chose qu'un aréomètre généralement en verre, *mais pouvant parfois être en métal*. Il est construit et gradué de telle façon qu'il donne immédiatement et par une simple lecture le volume d'alcool contenu dans 100 vol. du mélange d'alcool et d'eau dans lequel il est plongé. La détermination doit être faite à la température conventionnelle de 15° à laquelle l'instrument a été gradué ; sans cela, il faudrait avoir recours à des tables de correction.

Nous ne nous occuperons ici que de l'alcoomètre en verre, car il est de beaucoup le plus usité, parce qu'il se déforme bien moins et qu'il ne s'altère ni au contact de l'air, ni au contact des liquides dans lesquels on le plonge.

Cet alcoomètre est composé d'une tige portant une partie renflée et lestée avec du mercure ou de la grenaille de plomb, de telle façon qu'à la température de 15° le point 0 ou d'affleurement dans l'eau distillée soit au bas de la tige, et que le point 100 ou d'affleurement dans l'alcool absolu soit en haut. Les points fixes ainsi définis et établis, il s'agit de diviser l'intervalle en 100 parties indiquant les richesses alcooliques. Pour opérer cette graduation, on prend des éprouvettes de 100^{cc} et on y verse 90, 80, 70, 60, etc., cc. d'alcool absolu ;

(1) Deux tables données avec cet instrument présentent des divergences fâcheuses : la première donne pour 4° T 60° centésimaux et la seconde 61°,5 (Viard, *Traité général des vins*. Ed. 1892).

(2) Bernard, *Alcoométrie*. — Paris, Gauthier-Villars, 1875, et Viard (*loc. cit.*).

on les emplît ensuite avec de l'eau distillée, de telle sorte que le mélange d'alcool et d'eau occupe exactement le volume de 100^{cc} quand la température est 15°. On plonge alors l'alcoomètre dans ces différentes éprouvettes et, aux points d'affleurement, on marque 90, 80, 70, 60, etc.; puis on divise chaque intervalle en 10 parties égales: On voit donc, d'après cela, qu'un alcool qui marque 60°, par exemple, à l'alcoomètre est tel que dans 100^{cc} il contienne 60^{cc} d'alcool absolu.

La contraction qui a lieu, quand on mélange l'alcool et l'eau, explique pourquoi les divisions de l'instrument sont inégales; elles sont beaucoup plus rapprochées les unes des autres à la partie inférieure de la tige qui indique des liquides pauvres en alcool.

On obtient ainsi un appareil étalon qui pourra servir à en graduer d'autres par comparaison.

Graduation par comparaison au moyen des triangles semblables (1). — On donne au tube alcoométrique à graduer le lest convenable pour que l'affleurement dans l'eau distillée à 15°c. soit placé aussi bas que possible sur la tige. On introduit dans l'intérieur de ce tube une échelle à divisions arbitraires. On

(1) *Journal de Physique théorique appliquée*, I, 202. — M. Duclaux a reconnu que les deux échelles ne sont parfaitement comparables qu'autant que les deux alcoomètres supposés cylindriques sont semblables entre eux, en prenant, il est vrai, le mot semblable dans un sens plutôt physique que géométrique. M. Duclaux a fait cette remarque en calculant l'influence exercée par chacun des éléments: poids, volume, diamètre des tiges, tension superficielle des liquides. Si l'on voulait donc construire un alcoomètre plus sensible que l'étalon qui lui sert de modèle, on ne pourrait y parvenir qu'en agrandissant les dimensions de l'étalon. Si l'on se contentait de diminuer les dimensions du nouvel instrument, on sortirait des conditions où le procédé usuel est rigoureusement applicable.

plonge ensuite, comparativement avec l'étalon, d'abord dans l'eau distillée à 15°c., puis dans l'alcool ordinaire à la même température ; on note les deux degrés indiqués par l'étalon, soient, par exemple, 0° dans le premier cas, 85° dans le second. On note en même temps les deux divisions de l'échelle arbitraire qui correspondent à ces degrés. On trace sur le papier deux droites qui se coupent : sur l'une, on reproduit toutes les divisions de l'étalon, en plaçant le degré 0 au point d'intersection des deux droites ; sur l'autre ligne, on reproduit les deux points de l'échelle arbitraire, en ayant soin de placer le degré 0 au point d'intersection. Le second point de repère étant 85°, on joint par une droite les deux points 85° de l'étalon et de l'échelle arbitraire. On mène ensuite autant de droites parallèles à cette ligne qu'il y a de degrés sur l'échelle étalon. On marque ensuite les degrés correspondants sur l'échelle à graduer qu'on introduit définitivement dans le tube de l'alcoomètre. On l'assujettit dans la position qu'elle doit avoir avec un peu de cire à cacheter, et on ferme l'instrument.

Graduation et vérification de l'alcoomètre dans l'eau. — MM. Pinson et Petit ont imaginé une méthode très ingénieuse permettant de graduer et de vérifier l'alcoomètre dans l'eau. Nous ne la décrirons pas ici ; nous nous contenterons de renvoyer à leur ouvrage (1). Ce procédé consiste à placer l'alcoomètre dans l'eau distillée à 15° et à le charger de poids calculés de façon à faire enfoncer exactement jusqu'au point où il enfoncerait s'il était placé dans des mélanges alcooliques correspondants. Les auteurs indiquent dans leur ouvrage deux méthodes pratiques conduisant à la vérification de l'alcoomètre.

(1) Pinson et Petit. — *Graduation de l'alcoomètre de Gay-Lussac dans l'eau et vérification de l'alcoomètre.* — Paris, librairie Gauthier-Villars.

tre : la première reposant précisément sur leur système de graduation, la seconde étant empruntée à l'ouvrage de MM. Berthelot, Coulier et d'Almeida sur la vérification de l'aréomètre de Baumé.

7° *Alcoomètre légal*. — L'alcoomètre centésimal fut construit par Gay-Lussac sur la demande que lui fit, vers 1820, le Gouvernement français : mais, comme nous l'avons dit plus haut, les bases sur lesquelles Gay-Lussac s'appuya restèrent longtemps inconnues, et les constructeurs, peu initiés à l'emploi des méthodes scientifiques, durent se contenter de recopier d'autres alcoomètres considérés comme types et, par suite, reproduisirent, en les exagérant, les erreurs de ces soi-disants étalons. Enfin, en tenant compte des inexactitudes volontaires qu'entraîne infailliblement l'usage de poids et de mesures dont la précision ne peut être facilement vérifiée, on s'explique comment il s'est fait que le commerce des spiritueux s'est trouvé bientôt livré, en ce qui concerne le pesage de ces produits, à une véritable anarchie.

Depuis longtemps, le Gouvernement s'était occupé de cette question, et, en 1858, Pouillet (1), dans le rapport de la commission des alcoomètres, en réponse à la lettre du Ministre de l'agriculture, conclut au rejet de l'alcoomètre comme instrument de mesure légale. La commission des alcoomètres, pensant que l'assimilation de ces instruments à la catégorie poids et mesures, définis par la loi de 1837, serait matériellement impraticable, reste convaincue qu'il n'en résulterait aucun avantage réel pour les transactions commerciales, puisque le timbre, qui serait un témoignage de la vérité au jour où il serait apposé, pourrait bien, quelques jours plus tard, servir seulement de couverture à la fraude.

(1) C. R., Ac. Sc., t. LIII, p. 615.

L'Académie des sciences accepta ce rapport, concluant qu'il y avait plus d'inconvénients que d'avantages à assimiler l'alcoomètre aux mesures de capacité de la loi de 1837.

Plus tard, la question fut de nouveau discutée et, par suite de nouvelles déterminations, une échelle alcoométrique fut construite et désignée sous le nom d'échelle légale par la loi du 8 juillet 1881, qui fit rentrer l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac dans la vérification des poids et mesures. Enfin, un décret du 27 décembre 1884 rendait cette loi exécutoire. La graduation des nouveaux alcoomètres, qui sont les *alcoomètres légaux*, a pour base le tableau des densités des mélanges d'alcool absolu et d'eau, dressé par le bureau national des poids et mesures.

La distance entre chaque degré doit être de 5 millimètres, au moins, pour les alcoomètres, et de 3 millimètres, au minimum, pour les thermomètres. Tout instrument présenté à la vérification doit porter, gravés sur la carène, le nom du constructeur, un numéro d'ordre et le poids de l'alcoomètre en milligrammes. Une tolérance de un « dix-millième », en plus ou en moins, est accordée pour le poids. La tolérance pour les degrés alcoométriques est de un dixième de degré en plus ou en moins. Nous donnons ici le tableau des densités correspondant aux degrés des alcoomètres anciens et nouveaux, et à la suite le tableau des indications du nouvel alcoomètre légal et de l'ancien alcoomètre de Gay-Lussac.

Tableaux.

**Tableau des Densités correspondant aux degrés
des Alcoomètres ancien et nouveau**

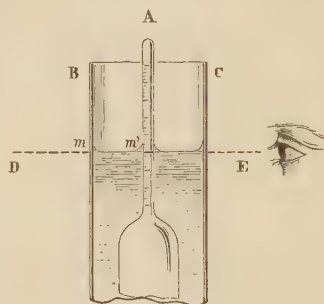
Degrés	DENSITÉS		Degrés	DENSITÉS	
	Alcoomètre légal	Alcoomètre Gay-Lussac		Alcoomètre légal	Alcoomètre Gay-Lussac
0	1000.00	1000.00	51	932.41	932.9
1	998.44	998.5	52	930.41	930.9
2	996.95	997.0	53	928.37	928.9
3	995.52	995.6	54	926.30	926.9
4	994.13	994.2	55	924.20	924.8
5	992.77	992.9	56	922.09	922.7
6	991.45	991.6	57	919.97	920.6
7	990.16	990.3	58	917.84	918.5
8	988.91	989.1	59	915.69	916.3
9	987.70	987.8	60	913.51	914.1
10	986.52	986.7	61	911.30	911.9
11	985.37	985.5	62	909.07	909.6
12	984.24	984.4	63	906.82	907.3
13	983.14	983.3	64	904.54	905.0
14	982.06	982.2	65	902.24	902.7
15	981.00	981.2	66	899.91	900.4
16	979.95	980.2	67	897.55	898.0
17	978.92	979.2	68	895.16	895.6
18	977.90	978.2	69	892.74	893.2
19	976.88	977.3	70	890.29	890.7
20	975.87	976.3	71	887.81	888.2
21	974.87	975.3	72	885.31	885.7
22	973.87	974.2	73	882.78	883.1
23	972.86	973.2	74	880.22	880.5
24	971.85	972.1	75	877.63	877.9
25	970.84	971.1	76	875.00	875.3
26	969.81	970.0	77	872.34	872.6
27	968.76	969.0	78	869.65	869.9
28	967.69	967.9	79	866.92	867.2
29	966.59	966.8	80	864.16	864.5
30	965.45	965.7	81	861.37	861.7
31	964.28	964.5	82	858.54	858.9
32	963.07	963.3	83	855.67	856.0
33	961.83	962.1	84	852.75	853.1
34	960.55	960.8	85	849.79	850.2
35	959.23	959.4	86	846.78	847.2
36	957.86	958.1	87	843.72	844.2
37	956.45	956.7	88	840.60	841.1
38	954.99	955.3	89	837.41	837.9
39	953.50	953.8	90	834.15	834.6
40	951.96	952.3	91	830.81	831.2
41	950.36	950.7	92	827.38	827.8
42	948.72	949.1	93	823.85	824.2
43	947.05	947.4	94	820.20	820.6
44	945.35	945.7	95	816.41	816.8
45	943.61	944.0	96	812.45	812.8
46	941.83	942.2	97	808.29	808.6
47	940.02	940.4	98	803.90	804.2
48	938.17	938.6	99	799.26	799.6
49	936.29	936.7	100	794.33	794.7
50	934.37	934.8			

**Tableau des Indications du nouvel Alcomètre légal
et de l'ancien Alcomètre de Gay-Lussac**

Légal	Gay-Lussac	Légal	Gay-Lussac	Gay-Lussac	Légal	Gay-Lussac	Légal
0	0	51	51.25	0		51	50.75
1	1.04	52	52.24	1	0.96	52	51.75
2	2.03	53	53.26	2	1.97	53	52.74
3	3.06	54	54.29	3	2.94	54	53.71
4	4.05	55	55.29	4	3.95	55	54.71
5	5.10	56	56.29	5	4.90	56	55.71
6	6.11	57	57.30	6	5.89	57	56.70
7	7.11	58	58.31	7	6.89	58	57.69
8	8.15	59	59.28	8	7.85	59	58.72
9	9.08	60	60.27	9	8.92	60	59.73
10	10.15	61	61.27	10	9.85	61	60.73
11	11.11	62	62.24	11	10.89	62	61.76
12	12.14	63	63.23	12	11.86	63	62.77
13	13.15	64	64.20	13	12.85	64	63.80
14	14.13	65	65.20	14	13.87	65	64.80
15	15.19	66	66.21	15	14.81	66	65.79
16	16.24	67	67.19	16	15.76	67	66.81
17	17.27	68	68.18	17	16.73	68	67.82
18	18.29	69	69.19	18	17.71	69	68.81
19	19.41	70	70.17	19	18.59	70	69.83
20	20.43	71	71.16	20	19.57	71	70.84
21	21.43	72	72.16	21	20.57	72	71.84
22	22.33	73	73.13	22	21.67	73	72.87
23	23.34	74	74.11	23	22.66	74	73.89
24	24.25	75	75.10	24	23.75	75	74.90
25	25.26	76	76.11	25	24.74	76	75.89
26	26.18	77	77.10	26	25.82	77	76.90
27	27.23	78	78.09	27	26.77	78	77.91
28	28.20	79	79.10	28	27.80	79	78.90
29	29.19	80	80.12	29	28.81	80	79.88
30	30.22	81	81.12	30	29.78	81	80.88
31	31.19	82	82.13	31	30.81	82	81.87
32	32.19	83	83.11	32	31.81	83	82.89
33	33.22	84	84.12	33	32.78	84	83.88
34	34.20	85	85.14	34	33.80	85	84.86
35	35.13	86	86.14	35	34.87	86	85.86
36	36.18	87	87.16	36	35.82	87	86.84
37	37.18	88	88.16	37	36.82	88	87.84
38	38.21	89	89.15	38	37.79	89	88.85
39	39.20	90	90.14	39	38.80	90	89.86
40	40.22	91	91.12	40	39.78	91	90.88
41	41.21	92	92.12	41	40.79	92	91.88
42	42.23	93	93.10	42	41.77	93	92.90
43	43.21	94	94.11	43	42.79	94	93.89
44	44.21	95	95.10	44	43.79	95	94.90
45	45.22	96	96.09	45	44.78	96	95.91
46	46.21	97	97.07	46	45.79	97	96.93
47	47.21	98	98.07	47	46.79	98	97.93
48	48.23	99	99.07	48	47.77	99	98.93
49	49.22	100	100.07	49	48.78	100	99.92
50	50.22			50	49.78		

L'échelle du nouvel alcoomètre est tellement espacée qu'elle ne peut être tracée sur un seul instrument qui, dans ce cas, aurait une longueur démesurée. Elle est divisée en cinq parties formant cinq instruments : de 0° jusqu'à 20° , de 20° à 40° , de 40° à 60° , de 60° à 80° , de 80° à 100° . Chaque subdivision de l'échelle vaut $1/5^{\circ}$ de degré, qui peut être fractionné à l'œil en deux parties, et permettre ainsi l'appréciation du $1/10^{\circ}$ de degré.

Manière d'opérer. — Pour faire usage de tout alcoomètre, il faut se servir d'une éprouvette de dimensions telles que l'instrument puisse y flotter librement. Cette éprouvette remplie du mélange hydro-alcoolique, on y plonge l'instrument en ayant soin de le poser délicatement dans le liquide, de manière à ne pas mouiller sa tige à plus d'un centimètre au-dessus du point de flottaison, et cela pour ne pas en augmenter le poids. La tige de l'instrument doit être préalablement essuyée avec un papier buvard légèrement humecté d'une solution de soude, de façon à enlever toute matière grasse ou impureté (1). L'instrument flotte et s'arrête ensuite dans sa position d'équilibre : à ce moment, on lit la division à laquelle correspond la partie inférieure du ménisque capillaire ; on note en même temps la température du mélange obtenu à l'aide d'un thermomètre plongé



(1) M. Delachanal, directeur du Bureau de la vérification des alcoomètres, a remarqué que les alcoomètres, dont la tige a été mouillée par une légère couche de lessive caustique, donnent des indications toujours comparables et que le poids de l'appareil n'est pas sensiblement augmenté.

au sein du liquide et, à l'aide de ces deux données, on détermine, au moyen des tables de Gay-Lussac à double entrée, le titre alcoolique du liquide à la température de 15° (Voir tables, page 18).

Fractions de degré. — Interpolation. — Lorsqu'on trouve des fractions de degré à l'alcoomètre et au thermomètre, comme la table de Gay-Lussac n'est calculée que de degré en degré, on obtient les fractions par interpolation.

L'alcoomètre marque, par exemple, 19° 1/2 ou 19,5 et le thermomètre accuse 17° 1/4 ou 17,25 : on néglige d'abord les fractions de degré et on opère comme s'il y avait 19° et 17° et l'on dit :

$$\begin{array}{rcl} 19 \text{ à } + 17 & = & 18^{\circ},4 \\ 20 \text{ à } + 17 & = & 19^{\circ},4 \\ \text{Différence} & & \hline & & 1 \text{ degré} \end{array}$$

dont la moitié est 0,5 à ajouter comme suit : 19° 1/2 à + 17 donnent donc 18°4 + 0°5 = 18°9.

Passant ensuite à la température, on dit :

$$\begin{array}{rcl} 19 \text{ à } + 17 & = & 18^{\circ},4 \\ 19 \text{ à } + 18 & = & 18^{\circ},2 \\ \text{Différence} & & \hline & & 0^{\circ},2 \end{array}$$

dont le quart est 0,05 à diminuer.

On aura donc 18°9 — 0,05 = 18,85 comme richesse exacte.

Il faut avoir soin de ne faire la lecture qu'après avoir laissé à l'instrument le temps de se mettre en parfait équilibre de température avec le milieu dans lequel il est plongé. Représentons par V le volume à zéro de l'alcoomètre, par K le coefficient de dilatation cubique du verre, par t et t' les tempéra-

tures respectives du laboratoire et du liquide alcoolique, la poussée après l'immersion s'exerce sur le volume : $V(1 + Kt)$, tandis qu'un instant après l'immersion, lorsque l'alcoomètre aura pris la température du mélange, elle s'exercera sur le volume $V(1 + Kt')$. Il en résultera une élévation ou un abaissement de la tige, suivant que t' sera supérieur ou inférieur à t . Cette influence s'exerce surtout quand on plonge l'alcoomètre dans le liquide alcoolique provenant de la distillation du vin ou autre spiritueux et cela alors que l'opération vient d'être effectuée trop récemment et que le liquide est encore tiède.

Si l'on n'a pas à sa disposition les tables de corrections de Gay-Lussac, on peut y suppléer par la formule de Francœur

$$x = N \pm 0,4 t,$$

dans laquelle x représente le titre alcoolique du liquide 15° c., N le degré lu à la température de l'expérience, t la température du liquide au moment de la détermination. Le signe $+$ correspond aux températures inférieures à 15° et $-$ à celles supérieures à 15° .

Cette formule n'est applicable qu'aux degrés centésimaux compris entre 30 et 45° .

On a également proposé la formule

$$x = N - 0,4 (t - 15);$$

celle-ci n'est applicable qu'aux mélanges alcooliques dont la richesse atteint 30 0/0 environ. Jusqu'à 20 0/0, elle conduit aux résultats les plus inexacts. En effet, supposons $N = 18,4$ et $t = 19$. La valeur de x d'après les tables est 17,5 et, d'après la formule, elle est 16°8; c'est-à-dire qu'on commettrait une erreur de 0°6 par défaut.

Carles a proposé la formule

$$x = N \pm 0,3 t$$

comme se rapprochant davantage de la vérité.

M. Ch. Girard a donné

$$x = N \pm 0,273 t,$$

mais il ajoute qu'elle n'est exacte que pour les températures comprises entre 10 et 20°.

Guilloz a démontré que ces coefficients de correction étaient variables suivant le titre alcoolique (1) et a établi ces variations à l'aide de la formule suivante :

$$x = N + (0,006 N^2 + 0,068) (15 - t)$$

Degrés alcooliques observés	Coefficients calculés
3°	0,0734
4	0,0776
5	0,0830
6	0,0896
7	0,0974
8	0,1064
9	0,1166
10	0,1280
11	0,1406
12	0,1544
13	0,1694
14	0,1856
15	0,2030
16	0,2216
17	0,2414
18	0,2624
19	0,2846
20	0,3080

(1) *Journ. de Pharm. et de Chim.*, t. xxvii, p. 417.

Il suffit de faire entrer le coefficient correspondant au degré alcoolique observé dans l'une ou l'autre des formules

$$\begin{aligned}x &= n - c (t - 15) \\x' &= n' - c (15 - t)\end{aligned}$$

x et x' représentant les richesses alcooliques à $+ 15^{\circ}$.

n et n' , les degrés alcooliques observés.

c le coefficient de correction à employer.

Correcteur de température de Salleron. — Il sert pour les richesses alcooliques comprises entre 30 et 100 degrés, car les alcools faibles possèdent des coefficients de dilatation variables avec la température, lesquels rendent l'emploi de ce correcteur impossible.

Il est formé par une règle à coulisse : une planchette est munie d'une rainure de chaque côté de laquelle sont les divisions correspondant à celles de l'alcoomètre. Dans cette rainure glisse une petite réglette marquée de divisions représentant les degrés thermométriques. Pour connaître la force réelle d'un spiritueux, il faut amener le degré du thermomètre devant l'indication de l'alcoomètre et lire la division qui se trouve en face du 15° degré de l'échelle mobile. Cette division donne la richesse alcoolique vraie du liquide.

Importance de la forme de la tige des alcoomètres. — La tige des alcoomètres est plate ou cylindrique ; la tige plate est aujourd'hui préférée, car son volume est moindre, ce qui permet d'obtenir des degrés plus espacés pour une même carène ; on peut en outre y placer l'échelle avec plus de facilité. Ces deux raisons, qui pourraient cependant paraître suffisantes pour ne laisser employer que les tiges plates, n'écartent pas un des plus grands inconvénients que l'on rencontre dans l'emploi

des aréomètres : nous voulons parler des actions capillaires. Au contraire, d'après MM. Pinson et Petit, le ménisque ne se forme pas toujours complètement autour de la tige de l'instrument, et celui-ci enfonce plus ou moins suivant le cas. Or, la capillarité, étant à peu de chose près proportionnelle au contour de la tige, agit avec plus d'intensité sur une tige plate que sur une tige ronde d'égale section. MM. Pinson et Petit ont obtenu à ce sujet les résultats suivants par la valeur de l'action capillaire « m » exercée par l'eau distillée à 15° c. :

1° Sur un alcoomètre à tige cylindrique, pour 4^{mm} de contour,

$$m = 4^{\text{mgr}},63$$

2° Sur un alcoomètre à tige plate,

$$m = 4^{\text{mgr}},74$$

Il est, d'après ces données, aisé de comprendre que les indications données par un alcoomètre à tige plate sont moins certaines que si l'instrument portait une tige ronde de même volume.

8. *Alcoomètre ou hydromètre de Sykes.* — Cet instrument, employé en Angleterre, diffère beaucoup de l'alcoomètre de Gay-Lussac. Sykes a pris pour base de son échelle un alcool type ou esprit d'épreuve (proof spirit), très différent de l'alcool pur : à la température de 51°F ou 10°56 C, le poids d'un litre de cet esprit est égal aux $\frac{12}{13}$ du poids d'un litre d'eau. A la même température, la richesse d'un liquide spiritueux est le nombre de litres de preuve que peut fournir un hectolitre de ce liquide. Ce nombre est plus grand que 100, quand le liquide est plus alcoolique que le type, et il est plus petit que 100, dans le cas contraire. La densité absolue de l'esprit d'épreuve est 0,919774, et sa richesse alcoolique, 57°2. G. L.

L'aréomètre de Sykes est en cuivre et de petites dimensions. Sa tige porte 10 divisions égales, subdivisées chacune en dixièmes. Neuf petits poids en cuivre peuvent être fixés à la partie inférieure de l'instrument ; on choisit celui qui fait affleurer le niveau de la liqueur à essayer dans l'espace de 0 à 10 divisions. Ces poids sont tels que, si l'on fait plonger la tige jusqu'au n° 10 (en bas) dans un liquide, on mettra le niveau à 0, en substituant à ce poids celui qui est immédiatement plus fort. L'instrument, sans poids, marque 0 dans l'alcool concentré ; il marque 10 dans l'eau distillée, lorsqu'il est chargé du poids le plus lourd.

L. Ruau et J. Salleron ont construit des tables de conversion des degrés de l'alcoomètre Sykes en degrés de l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac, et *vice versa*. Nous reproduisons ici la table donnée par M. Maumené.

Tableau.

Conversion de la graduation anglaise en degrés centésimaux

(MAUMENÉ)

Degrés d'épreuve anglaise	Degrés centésimaux	Degrés d'épreuve anglaise	Degrés centésimaux	Degrés d'épreuve anglaise	Degrés centésimaux	Degrés d'épreuve anglaise	Degrés centésimaux
1	0.6	44	25.7	87	50.2	130	74.6
2	1.2	45	26.3	88	50.8	131	75.2
3	1.8	46	26.9	89	51.3	132	75.8
4	2.4	47	27.4	90	51.8	133	76.4
5	3.1	48	27.9	91	52.4	134	77.0
6	3.6	49	28.4	92	52.8	135	77.6
7	4.2	50	29.0	93	53.3	136	78.2
8	4.8	51	29.6	94	53.9	137	78.8
9	5.4	52	30.1	95	54.4	138	79.4
10	6.0	53	30.6	96	55.0	139	79.9
11	6.6	54	31.2	97	55.6	140	80.5
12	7.2	55	31.8	98	56.2	141	81.0
13	7.8	56	32.3	99	56.7	142	81.6
14	8.4	57	32.9	<i>Proof</i>	57.2	143	82.0
15	9.0	58	33.4	101	57.8	144	82.6
16	9.6	59	34.0	102	58.3	145	83.2
17	10.2	60	34.6	103	58.9	146	83.7
18	10.8	61	35.2	104	59.4	147	84.3
19	11.4	62	35.8	105	60.0	148	84.8
20	12.0	63	36.4	106	60.5	149	85.3
21	12.5	64	36.9	107	61.0	150	85.9
22	13.1	65	37.6	108	61.6	151	86.4
23	13.7	66	38.1	109	62.2	152	87.0
24	14.3	67	38.7	110	62.7	153	87.6
25	14.9	68	39.3	111	63.3	154	88.1
26	15.5	69	39.9	112	63.9	155	88.6
27	16.1	70	40.5	113	64.3	156	89.2
28	16.6	71	41.1	114	64.9	157	89.7
29	17.2	72	41.7	115	65.5	158	90.3
30	17.8	73	42.3	116	66.1	159	90.8
31	18.3	74	42.8	117	66.7	160	91.4
32	18.9	75	43.4	118	67.3	161	91.9
33	19.4	76	44.0	119	68.0	162	92.5
34	20.0	77	44.6	120	68.6	163	93.0
35	20.6	78	45.2	121	69.2	164	93.6
36	21.1	79	45.8	122	69.8	165	94.1
37	21.7	80	46.4	123	70.4	166	94.7
38	22.2	81	47.0	124	71.0	167	95.2
39	22.8	82	47.6	125	71.6	168	95.8
40	23.4	83	48.1	126	72.2	169	96.3
41	23.9	84	48.6	127	72.8	170	96.9
42	24.6	85	49.1	128	73.4		
43	25.1	86	49.7	129	74.0		

Il existe des tables faisant connaître les corrections afférentes à la température et la quantité d'eau qu'il faut ajouter ou retrancher à une eau-de-vie donnée pour l'amener au degré de preuve. On peut se passer de ces tables de correction de température en transformant immédiatement les degrés Sykes en degrés Gay-Lussac et faisant la correction de la température d'après les tables. Il faudra convertir ensuite les degrés Gay-Lussac en degrés légaux.

Alcoomètre de Tagliabue. — Mis en usage aux Etats-Unis d'Amérique dès 1868, il a été gradué en prenant pour alcool type un esprit de preuve contenant la moitié de son volume d'alcool pur ayant une densité de 0,7946 à 60° F, la densité de l'eau à cette température étant 1000.

Il marque 200° dans l'alcool absolu et 0° dans l'eau pure à 15°55; la densité de l'alcool absolu à cette température étant 0,79461, chiffre qui se rapproche beaucoup de celui de Gay-Lussac, et, si on tient compte de la différence de température, on tombe sur le même nombre.

Extrait de la table de Tagliabue

Degrés Tagliabue	VOLUMES		Densités relatives à 15.56
	d'alcool	d'eau	
10	5	95.32	0.99289
15	7.5	93.02	0.98974
20	10	90.72	0.98663
50	25	77.22	0.97087
100	50	53.71	0.93437
150	75	28.13	0.87730
200	100	0.00	0.79461

10. *Alcoomètre Hollandais ou Vochmeter.* — Il est divisé en 144 parties : son zéro correspond à l'affleurement dans l'eau

distillée à 60° F (15,56 C.), le 10° est donné par de l'eau-de-vie de preuve à 54,5 F (12,5 C.). L'eau-de-vie de preuve, Voch-proef, à 15° C représente à peu près 50° G. L.

Vochmeter	Gay-Lussac	Vochmeter	Gay-Lussac	Vochmeter	Gay-Lussac
0	0,	12	58,04	24	87,77
1	5,64	13	62,91	25	89,48
2	12,18	14	65,75	26	91,09
3	18,78	15	68,08	27	92,63
4	26,30	16	70,72	28	94,08
5	32,75	17	73,27	29	95,44
6	38,13	18	75,56	30	96,71
7	42,76	19	77,85	31	97,87
8	46,79	20	80,07	32	99,02
9	50,16	21	81,93	33	100,00
10	53,62	22	83,90		
11	56,70	23	85,93		

11. *Spiritomètre de Kupffer* (1). — Formé par trois aréomètres (verre ou métal) séparés. En les plongeant à 15,5 C. dans une eau-de-vie quelconque, il indique directement le nombre de litres d'eau-de-vie ordinaire (c'est-à-dire d'une eau-de-vie dont le litre pèse à la température normale 0^k,954876) contenus en 100 litres. En multipliant ce nombre par le prix courant d'un litre d'eau-de-vie ordinaire, on a immédiatement le prix de 100 litres d'une eau-de-vie quelconque. Kupffer a construit son spiritomètre en se servant des tables de Gilpin et de Gay-Lussac.

Les corrections de température se font, on ne peut plus simplement, à l'aide d'un thermomètre portant deux divisions différentes, l'une pour l'aréomètre n° 1 et 2, l'autre pour l'aréomètre n° 3 et dont le zéro indique la température normale.

(1) C. R. Ac. Sc., t. XLIX, page 851, 28 novembre 1859.

12. *Alcoomètre à degrés pondéraux de Lejeune.* — L'alcoomètre de Gay-Lussac ne donne que la composition d'alcool en volume. Il est souvent très utile d'en connaître la composition en poids. Les chiffres qui expriment le titre pondéral correspondant au degré alcoolique peuvent être calculés à l'aide de la formule

$$p = N \frac{d}{D}$$

dans laquelle N exprime le degré d'alcool, D la densité correspondante à ce degré et d la densité de l'alcool absolu.

Quand il s'agit de mélanges dont le titre alcoolique est faible comme ceux qui proviennent de la distillation du vin, il suffit de multiplier le chiffre indiqué par 0,8.

M. Lejeune (1) a eu l'idée de convertir en indications pondérales les indications volumétriques données par l'alcoomètre de Gay-Lussac. Il a construit ainsi une échelle à degrés pondéraux, mais il est à regretter qu'elle ait été établie sur les seules données du calcul, et que les résultats n'aient pas été vérifiés par l'expérience, en formant dix mélanges contenant par 100 grammes 0, 10, 20, 30, 100 grammes d'alcool absolu. On aurait alors un alcoomètre à degrés pondéraux qui pourrait être considéré comme étalon, au même titre que l'alcoomètre à degrés volumétriques construit par Gay-Lussac.

Cet alcoomètre à degrés pondéraux nous offre l'avantage de nous donner la proportion d'alcool en même temps que la proportion d'eau qui entre dans un mélange de ces deux liquides, indication qui facilite singulièrement le mouillage des alcools, c'est-à-dire leur conversion en alcools d'un titre plus faible et bien déterminé. Il dispense également de recourir à des tables spéciales pour la correction relative à l'influence de la tempéra-

(1) Lejeune, Thèse de l'Ecole de Pharmacie de Paris, 27 juin 1872.

ture, l'instrument portant sur sa tige les chiffres qui représentent cette influence pour chaque degré de l'échelle pondérale et pour chaque unité de température.

Manière d'obtenir des alcools à degrés différents.— Pour amener un alcool d'un degré déterminé à un degré inférieur en le diluant avec de l'eau distillée, on fait usage de la formule

$$x = P \frac{b}{a}$$

dans laquelle se représente le poids de l'alcool à diluer qu'il faut prendre pour obtenir un poids P d'alcool plus faible, a le titre pondéral correspondant à l'alcool dont x exprime le poids et b le titre pondéral de l'alcool dont P exprime le poids : la proportion d'eau distillée à ajouter est évaluée par différence.

Il est dressé une table de mouillage pour les cas qui se présentent le plus souvent (voir *Codex*).

Si l'on veut utiliser pour le coupage un alcool plus faible que celui qu'on veut obtenir en le mélangeant à un alcool plus fort, on a recours à la règle des mélanges qui conduit à la formule suivante :

$$x = P \frac{b - c}{a - c}$$

dans laquelle x représente le poids d'alcool supérieur à employer pour obtenir un poids P de l'alcool intermédiaire, a le titre pondéral correspondant à x ; b le titre pondéral correspondant à P ; c le titre pondéral de l'alcool faible que l'on veut utiliser.

13. *Alcoomètre Richter et Tralles.* — Il donne, dans l'association des douanes allemandes, le moyen légal usité pour la détermination des richesses alcooliques. Il est gradué en poids

et en volume. Il est gradué à 60° F ou 15°56 C. Il se compose de deux tubes de verre blanc soudés l'un à l'autre et fermés des deux bouts. Dans la partie supérieure du tube se trouvent deux échelles dont chacune est divisée en 100 parties. Elles marquent 0° quand l'alcoomètre plonge dans l'eau pure et 100° dans l'alcool pur. Une échelle est graduée, selon Tralles, en 100 parties en volume et l'autre en 100 parties en poids, selon Richter. Tralles a adopté, pour l'alcool absolu, une densité un peu différente de celle de Gay-Lussac. $D = 0,93445$ pour 49°5 Tralles (Bolley).

Les alcoomètres allemands portent habituellement un thermomètre soudé à la partie inférieure du flotteur et servant en même temps de lest.

14. *Alcoomètre de Richter ou de Stoppani.* — Cet instrument donne la richesse en poids, mais il fournit des indications tout-à-fait en désaccord avec l'échelle de Gay-Lussac.

TABLEAU COMPARATIF DE QUELQUES DEGRÉS

GAY-LUSSAC, TRALLES, RICHTER

GAY-LUSSAC	TRALLES	RICHTER	GAY-LUSSAC	TRALLES	RICHTER
0	0	0			
5	4.8	4.3	67	66.0	52.5
10	9.5	7.6		66.6	52.7
43	46.0	33.0	69	68.5	55.3
49	49.0	35.75		68.6	55.0
	52.0		72	71.5	59.0
53	52.5	38.5		74.0	62.0
	55.0	41.0	74	76.5	64.3
56	55.6	41.2		77.0	65.0
	57.5	43.5	77	80.0	69.0
59	58.9	44.3		83.0	73.0
	60	46.0	82	85.5	76
61	63.0			86.0	76.2
	63.2	49.0	86	95.0	89.2
64				95.0	89.2
			95	100.0	100.0
			100		

B) *Cas d'un liquide hydro-alcoolique renfermant des substances en dissolution.*

PREMIER MODE OPÉRATOIRE. — *Distillation et détermination du degré alcoolique du liquide distillé.* — L'alcool est souvent mélangé à des corps autres que l'eau ; on le trouve ainsi dans le vin, la bière, le cidre, etc., qui sont des liquides très complexes. Il n'est plus possible alors de déterminer la richesse alcoolique par l'emploi direct des instruments décrits ici. Il est nécessaire, dans ce cas, d'avoir recours à une opération préliminaire qui a pour but de séparer l'alcool du mélange plus ou moins complexe dont il fait partie. Nous voulons parler de la distillation qui réduit en vapeur ce corps volatil, l'alcool, et que l'on recueille après sa condensation.

Quand on distille, le produit obtenu à la sortie du serpentin est à une température supérieure à la température ambiante, et sa tension de vapeur peut ne pas être négligeable, par suite l'on peut avoir une légère perte d'alcool. Pour atténuer cette déperdition, on peut recommander d'adapter un petit tube de verre au serpentin à sa sortie du réfrigérant, de façon qu'il arrive au fond de l'éprouvette contenant un peu d'eau distillée : l'alcool qui distille vient se dissoudre directement dans cette eau.

Les liqueurs dont on veut séparer l'alcool peuvent contenir des matières volatiles autres que l'alcool et l'eau, principalement de l'acide acétique. Ce corps plus lourd ($D = 1,056$) se volatilisant en même temps, les indications fournies par les appareils sont erronées. M. Maumené a remarqué pour la première fois que l'acidité faussait les résultats : l'erreur due à l'acide acétique serait de $\frac{1}{15,45}$; pour l'acide carbonique, il a trouvé

des différences variant de 0,09 à 0,56 entre les vins acides et les vins neutralisés.

L'acide acétique abaisse le degré de l'alcoomètre, l'acide carbonique, au contraire, élève le titre de l'alcool ; ce dernier corps se trouve surtout dans les vins nouveaux, la bière ; on en enlève la majeure partie en secouant le liquide dans un flacon à moitié rempli, et surtout par addition d'une base fixe qui neutralise en même temps l'acide acétique. Pour effectuer cette neutralisation, on peut employer la potasse caustique, la soude, la chaux, le baryte, etc. Seulement, quand on opère la distillation, après addition d'un alcali, il faut s'assurer que le produit distillé ne renferme pas d'ammoniaque, et il en renfermerait certainement si le liquide à essayer contenait des sels ammoniacaux. Si l'on trouvait donc de l'ammoniaque, il faudrait ajouter au liquide distillé une dissolution aqueuse d'acide tartrique jusqu'à réaction acide et rectifier de nouveau. M. Schlœsing recommande d'ajouter au liquide à distiller de la magnésie caustique qui, en neutralisant les acides, ne dégage pas d'ammoniaque. On ajoutera donc l'alcali jusqu'à ce qu'en plongeant du papier de tournesol dans le vin à essayer, le tournesol rouge devienne bleu.

Manière d'opérer. — Isoler l'alcool par la distillation d'un volume V du liquide (les vins de richesse moyenne : Bordeaux, Bourgogne, etc., le perdent dans le premier tiers ; les vins très riches : Madère, Malaga, Porto, etc., dans la première moitié de la distillation).

La Régie admettant que tout l'alcool passe dans la première moitié du distillatum, au point de vue commercial tout le monde sera d'accord sur ce point, ceci étant admis pour les vins de richesse alcoolique maximum de 15° G-L. Pour un liquide plus alcoolique, on doublera. Frésenius recommande de recueillir les $\frac{2}{3}$.

On ramène, par addition d'eau distillée, le volume $\frac{V}{n}$ du produit de la distillation au volume V du liquide primitif, de manière à lui donner une richesse alcoolique égale à celle de ce liquide, richesse qu'il suffit alors de déterminer; ou bien prendre directement la richesse alcoolique du produit distillé et la diviser par n .

Distillation à la vapeur. — Si les liquides sont trop épais pour que la distillation soit facile, on opère d'abord une distillation à la vapeur. Le liquide obtenu est ensuite redistillé dans les conditions ordinaires. E. Borgmann (Zeitschr. f. analyt. chem. XXII, 534) a procédé ainsi avec succès pour doser les petites quantités d'alcool qui sont dans les extraits de malt américain.

On obtiendra la richesse alcoolique en prenant la densité et en se reportant aux tables de Gay-Lussac ou de Tralles, ou bien par divers instruments tels que l'alcoomètre centésimal, le réfractomètre d'Amagat dont nous parlerons ci-après.

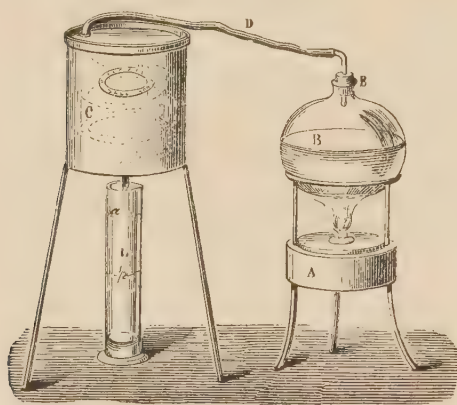
Beaucoup d'appareils ont été construits pour isoler l'alcool. Le professeur Dunal, de la Faculté des Sciences de Montpellier, reconnu, dès 1823, que tout l'alcool du vin est extrait dès qu'on a obtenu, par distillation, le tiers du liquide mis dans la chaudière. Il est évident que, si l'on pousse l'opération jusqu'à ce qu'on ait recueilli la moitié du liquide, on aura à plus forte raison tout l'alcool contenu.

OËno-alcoomètre Dunal. — Une chaudière était placée sur un fourneau circulaire; un condenseur communiquait à un réfrigérant. On recueillait le $\frac{1}{3}$ du liquide. Le titre alcoolique était donné par l'alcoomètre de Pouget et Borie. Une table de correction était jointe à l'appareil.

Alambic Descroizilles. — Le chapiteau portait latéralement à sa partie supérieure un tube horizontal communiquant avec un serpentín en spirale placé dans un réfrigérant cylindrique. La cucurbite était située dans un manchon de tôle percé de trous à sa partie supérieure et munie d'une ouverture à sa partie inférieure permettant l'introduction d'une lampe.

Appareil distillatoire Rouquairol et Reboul. — Le chapiteau était terminé par un col de cygne qui conduisait la vapeur dans un ballon placé à côté et dont le fond avait un tuyau ramenant à la chaudière le vin qui s'y condensait ; au ballon faisait suite un serpentín plongeant dans un réfrigérant. On employait l'alcoomètre de Borie.

Ces appareils ont été perfectionnés par Gay-Lussac et, plus tard, par un grand nombre de constructeurs ; ils sont tous accompagnés d'alcoomètres et d'un thermomètre. L'alambic le plus répandu est sans contredit celui que construit la maison Salleron. Il existe trois modèles.



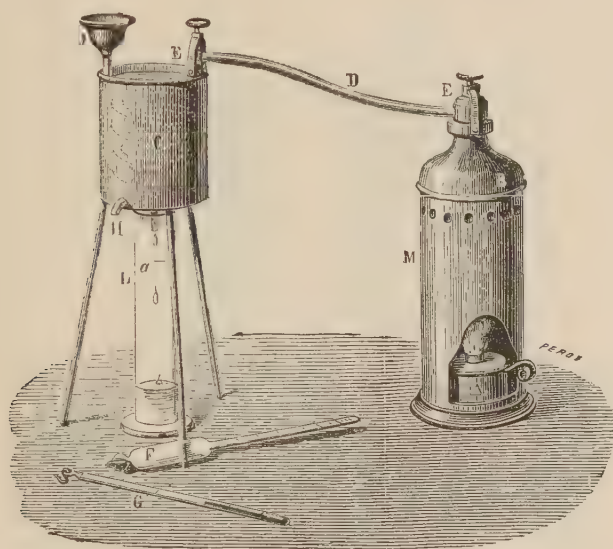
Petit alambic Salleron

Petit alambic Salleron.

— Un ballon en verre est porté sur un trépied en cuivre, auquel se trouve adaptée une lampe à alcool ; ce ballon sert de chaudière ; il est fermé par un bouchon en caoutchouc traversé par un tube court en cuivre ; ce tube se raccorde avec

un serpentín par un tube en caoutchouc. Le serpentín plonge dans un réfrigérant en cuivre, porté sur un trépied auquel il est soudé. L'appareil comprend en outre une éprouvette en

verre portant deux traits : le trait 1 marque un volume ; le trait $1/2$ marque exactement un demi volume. Un thermomètre, un alcoomètre et un tube en verre effilé servant de pipette accompagnent l'appareil. Les alcoomètres sont gradués d'après le type légal.



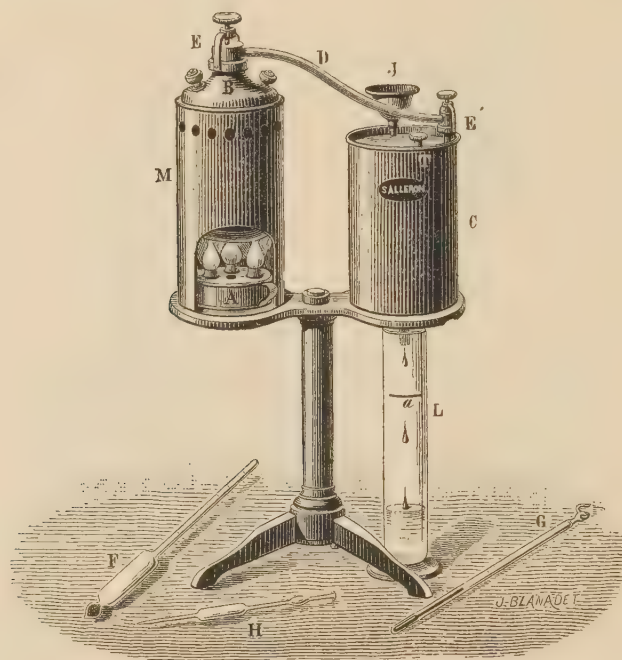
Moyen alambic Salleron

Moyen alambic Salleron. — Il ne diffère du précédent que par ses dimensions plus grandes ; il est tout en cuivre et le caoutchouc qui sert de raccord est remplacé par un tube d'étain. La chaudière est placée dans un manchon en cuivre percé de trous à sa partie supérieure et munie d'une ouverture à sa partie inférieure, afin d'introduire une lampe à alcool.

Grand alambic Salleron. — Celui-ci a été construit pour l'emploi de l'alcoomètre légal. La figure ci-derrière en montre la disposition. La capacité de la chaudière est de 2100^{cc}. Il permet d'opérer sur 600^{cc} de vin et au besoin sur 1 litre.

Nous avons observé quelque fois des projections de goutte-

lettes du liquide alcoolique qui sort du serpentin ; pour éviter la perte qui pourrait en résulter, on recommande de faire rapprocher le tube de sortie du réfrigérant des bords supérieurs de l'éprouvette. Il nous semblerait qu'un surcroît de précautions ne serait pas inutile, et, par une modification bien



Grand alambic Salleron

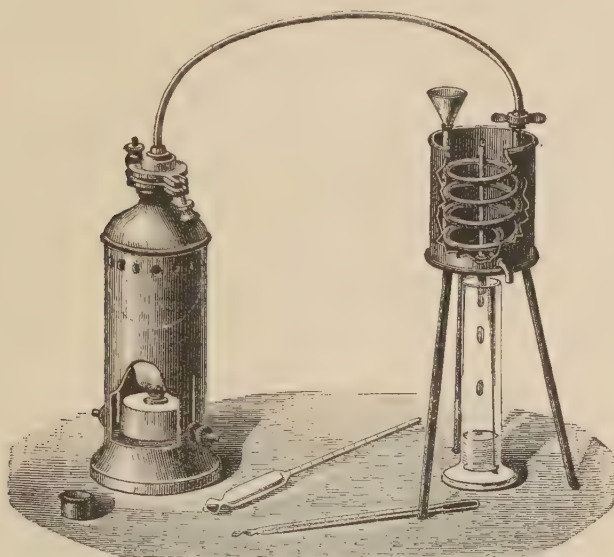
simple le constructeur pourrait l'atteindre en taillant en biseau cette partie du serpentin qui laisse écouler le liquide condensé dans l'éprouvette.

L'on pourrait également adopter la disposition citée ci-dessus.

Grand alambic Fontaine.— Il est tout en cuivre rouge, à l'exception du raccord et du serpentin, qui sont en étain.

Le support de la lampe est mobile, ce qui permet de rappro-

cher ou d'éloigner la flamme de la chaudière. La fermeture de la chaudière se fait au moyen de deux prisonniers pouvant basculer et munis d'une vis et d'un écrou ; la capacité de la chaudière est de 1200^{cc}.



Grand alambic Fontaine

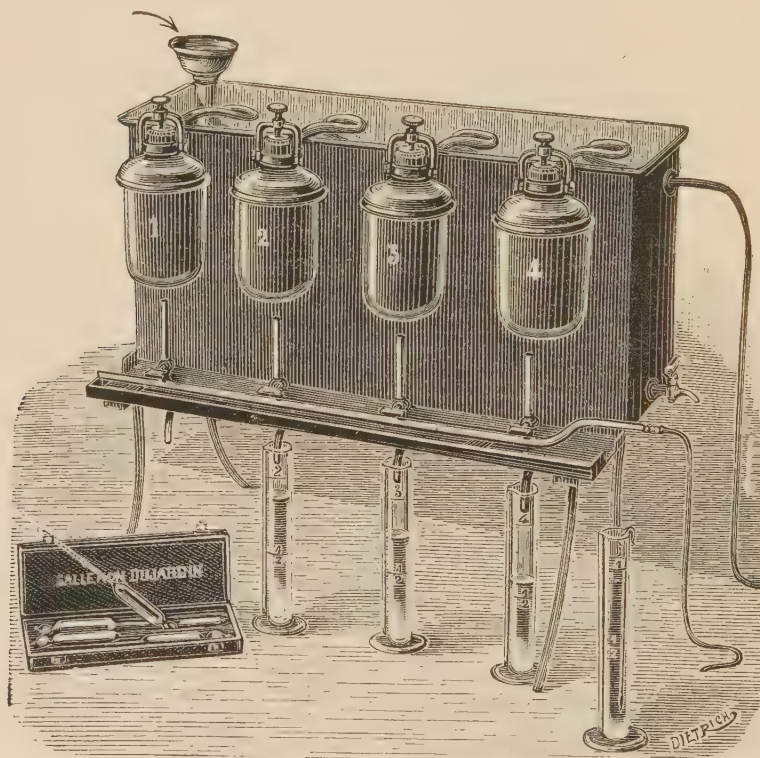
M. Gautier recommande pour être précis de distiller un litre de vin. D'après M. Viard, 700^{cc} sont plus que suffisants.

Alambic Delaunay. — Il existe deux modèles : le petit modèle permet d'opérer sur 50^{cc} de vin ; le grand modèle sur 125^{cc}. La construction de ces appareils diffère peu des précédents ; ici le tube surmontant la chaudière s'élève plus haut, de façon à donner plus d'inclinaison au tube abducteur qui va au serpentin. L'appareil se monte sur la boîte qui le renferme.

Grand alambic Savalle. — Cet appareil permet de doser les moindres taxes d'alcool dans les vinasses ; il est applicable au pesage des vins, et fournit un produit à forts degrés.

Alambic Rousseau et Lelièvre. — Une chaudière en cuivre rouge étamé intérieurement communique avec un réfrigérant de forme elliptique, au moyen d'un tube qui ferme cette chaudière, à l'aide d'un raccord à baïonnette ; ce tube est réuni au réfrigérant au moyen d'un raccord à vis. La chaudière est supportée par une enveloppe qui empêche la déperdition de la chaleur développée par une lampe à trois becs.

Batterie d'alambics de Dupré et Dujardin. — Elle comprend une série de quatre alambics. On peut ainsi surveiller quatre essais à la fois. Cette batterie est utilisée dans les laboratoires où l'on a un grand nombre d'essais à faire. L'idée de cet appareil est due à M. Dupré, du Laboratoire municipal de Paris, qui



Batterie d'alambics Dupré et Dujardin

a fait exécuter son quadruple alambic, pour la première fois, par M. Chabaud, constructeur.

Appareil de Lormé. — La distillation est opérée ici au moyen du bain-marie et de la vapeur ; on introduit dans la chaudière un demi-litre de vin.

Appareil de Scheefer, pharmacien de Mayence. — Il fut présenté en 1863 à la Société de pharmacie de Paris. On introduit 10^{cc} de vin à essayer dans un ballon que l'on réunit à un condenseur, traversant obliquement un vase plein d'eau froide et débouchant dans un tube gradué. On recueille environ 5^{cc}. On plonge dans le liquide distillé un petit flotteur aréométrique, présentant une pesanteur spécifique telle qu'il se tienne en parfait équilibre dans un mélange à 10 0/0 d'alcool pur en volume. Après avoir évalué le volume extérieur de ce flotteur par le nombre de centimètres cubes dont il a élevé le niveau du liquide après son immersion, dans le tube gradué, on ajoute au distillateur autant d'eau que cela est nécessaire pour que le flotteur se rende vers la surface de la liqueur, sans toutefois la dépasser, et pour qu'il se tienne en équilibre dans sa masse à + 15°. Lorsqu'on y est parvenu, on est certain que le mélange est dans les proportions indiquées ci-dessus. En sorte que n^{cc} représentant le volume total du liquide contenu dans le verre gradué, déduction faite de celui du flotteur, la richesse alcoolique sera $\frac{n}{10}$. Pour 100^{cc} de vin on aura $\frac{n}{10} \times 10$.

Autrement dit, la richesse alcoolique sera représentée par le nombre de centimètres cubes de liquide qui se trouvent dans l'éprouvette graduée à la fin de l'opération.

n représente le nombre de centimètres cubes occupés par le produit de la distillation et l'eau qu'on a ajoutée. Ainsi, si le

liquide s'élève dans l'éprouvette graduée à 8^{cc}, le volume du flotteur étant 1^{cc},

$$n^{cc} = 8^{cc} - 1^{cc} = 7$$

Comme l'on voit, le flotteur tient la place de l'alcoomètre ; mais nous ne lui croyons aucune supériorité sur ce dernier, bien au contraire.

Alambic Egrot. — Il permet d'opérer sur des quantités assez considérables de liquide, d'un demi-litre à quatre litres, en une seule fois. Il ne présente ni vis, ni écrous.

Dans la chaudière A, qui peut recevoir un bain-marie, on place le produit à distiller. La chaudière est fermée par un



Alambic Egrot

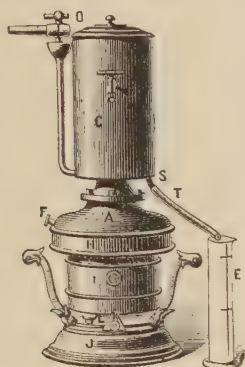
chapiteau C qui, placé simplement dessus, produit une fermeture hermétique. Le col de cygne D, formé d'un tube flexible dont l'extrémité s'ajuste en m, établit la communication entre le chapiteau et le rectificateur L. Ici, les vapeurs pauvres en alcool se condensent et retournent, par la pente même du col de cygne, à la chaudière, dans laquelle elles se distillent à nou-

veau. L'action du rectificateur est réglée par l'arrivée des gouttes d'eau que laisse tomber la petite clé R au fond du récipient.

Seules, les vapeurs riches en alcool traversent le rectificateur, passent dans le serpentin, d'où elles tombent sous forme de gouttes d'alcool dans l'éprouvette ou tout autre récipient

gradués. L'un des trois pieds que soutient le récipient R est creux, et sert à renouveler, au moyen de la clé P, l'eau réfrigérante de la bûche N.

On obtient ainsi un alcool à forts degrés.



Alambic Besnard

Alambic Besnard. — Cet appareil est une transformation par une simple disposition de l'alambic Besnard à distillation continue modèle A. Le réfrigérant est monté directement sur la chaudière en ayant le soin de boucher avec un fausset le petit trou qui se trouve dans le réfrigérant au-dessus du serpentin et d'enlever le siphon servant au déversement des vinasses.

On introduit en F 200^{cc} du liquide à titrer; on visse le bouchon fermant l'orifice. On verse de l'eau par l'entonnoir O pour remplir le réfrigérant, dont on enlève le couvercle.

Le fourneau à pétrole étant allumé, on distille en amenant le produit, à l'aide d'un petit tube de caoutchouc, dans une éprouvette où l'on recueille la moitié du liquide introduit dans la chaudière.

Appareil Aubin et Alla (1). — On utilise ici le fractionnement que l'on obtient généralement dans les laboratoires au moyen de différents appareils, entre autres celui de MM. Lebel et Henninger, ou bien avec le serpentin ascendant de Schlœsing et dans l'industrie par des appareils à plateaux. Ce nouvel instrument repose sur le principe de l'appareil de M. Schlœsing, et sa construction a été confiée par les inventeurs à M. Dujar-

(1) *Le Moniteur vinicole*, 13 octobre; *la Nature*, 9 décembre 1893.

din, l'habile constructeur d'instruments œnologiques bien connu.

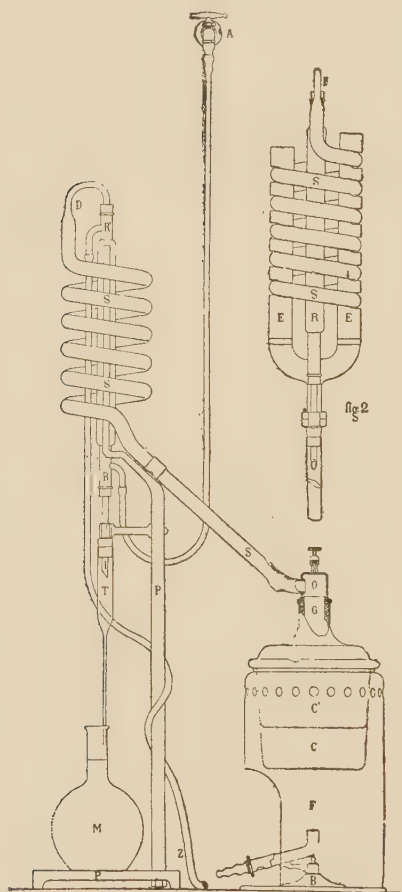
L'appareil comprend :

1° Une cucurbite en cuivre C d'une contenance d'un litre, pouvant reposer sur un fourneau F, alimenté, soit par un brûleur à gaz, soit par une lampe à alcool B ;

2° Un serpentin ascendant SSS en étain étiré à sa partie supérieure, traversant un réfrigérant RR, et venant aboutir dans un ballon jaugé M. L'appareil est maintenu par un support fixé sur un plateau en fonte PP.

Avec cet appareil, on obtient un produit à forts degrés.

D'après les inventeurs, toutes les opérations sont exécutées avec la garantie du dixième de degré, d'après les expériences de contrôle qui ont été faites. L'appareil permettant le fractionnement des produits de la distillation, se prête



Appareil Aubin et Salla

très bien au dosage des petites quantités d'alcool restées dans les vinasses.

Appareil de Rey. — Voir OEnomètre, page 105.

Analyseur du D^r Perrier. — Un ballon métallique est fermé par un bouchon percé de deux trous ; dans l'un se trouve un

thermomètre et dans l'autre un tube communiquant à un réfrigérant de Liebig; ce tube débouche dans un ballon de 100^{cc}, avec des traits gradués au-dessous du trait 100. Le liquide distillé tombe dans le ballon de 100^{cc}. Quand le thermomètre marque 100°, il ne reste plus d'alcool. On complète alors les 100^{cc} avec de l'eau distillée et on prend le degré. Cet appareil dose aussi l'extrait sec.

2^{me} MODE OPÉRATOIRE : *Détermination successive de la densité du liquide primitif et du même liquide privé d'alcool.* — Dans ce cas, l'on détermine la densité du vin à essayer. On prend un volume déterminé de ce liquide, on en chasse complètement l'alcool par l'ébullition, on ramène par addition d'eau au volume primitif le résidu de l'évaporation et on détermine la densité de ce dernier mélange. La différence existant entre la densité de ce nouveau liquide et celle du vin lui-même permet de calculer la richesse alcoolique de ce dernier.

En effet, soit D la densité de la liqueur, qui peut être autre que du vin. On en chasse l'alcool par l'ébullition d'un volume V du liquide; on ramène au volume initial par l'addition d'un volume v d'eau distillée. On prend enfin la densité D' du mélange et on déduit la quantité d'alcool des équations :

$$\begin{aligned} VD &= xd + m \\ VD' &= ve + m \\ \text{d'où } VD &= xd + vd' - ve \\ \text{et } xd &= V(DD') + ve, \text{ quantité pondérale} \\ \text{et } x &= \frac{V(D - D') + ve}{d}, \text{ quantité volumétrique.} \end{aligned}$$

OEnoscope Tabarié. — Le docteur Tabarié, de Montpellier, a, le premier, préconisé ce principe (1830). Des tables construites par lui devaient faire connaître la quantité d'alcool; mais l'auteur ne paraît pas avoir terminé son travail.

Il est à remarquer que certains vins, contenant beaucoup d'extrait et riches en alcool, ont une densité plus grande que d'autres vins pauvres en alcool, mais contenant peu d'extrait, et réciproquement. Quand on porte un vin à l'ébullition, une partie de ses éléments constitutifs peuvent être modifiés : ainsi, les acétates se décomposent, les éthers sont volatilisés, l'anhydride carbonique en dissolution est chassé, les matières albuminoïdes se trouvent coagulées, etc., et, quand on ramène au volume primitif en ajoutant de l'eau distillée, la composition du nouveau liquide n'est plus la même que celle du liquide primitif, abstraction faite de l'alcool.

M. Maumené a trouvé, en effet, que les densités des liquides distillés et des résidus ne sont pas d'accord avec les densités des vins.

D'après Lago, ce dosage ne donne jamais de résultats certains. Mais, plus tard, M. J.-P.-L. Périer (1) reprit les expériences de Tabarié, et il s'exprime ainsi :

« Aucun procédé n'est aussi exact; on trouve dans les trois » données du calcul un contrôle qui n'existe pas ailleurs, et les » erreurs deviennent d'autant plus rares, que la densité du vin » et celle du résidu de la distillation se prennent plus sûre- » ment que l'on ne retire en entier et sans déperdition l'alcool » du vin, ou que l'on ne dose cet alcool au moyen des appa- » reils techniques, dilatomètre, ébullioscope, etc. »

Cet auteur emploie le flacon à densité pour ses déterminations; il ajoute que l'on obtient le degré d'alcool au 1/100^{me} près. L'emploi du flacon à densité rend la méthode fort longue et d'une pratique difficile. M. Périer a fait ses expériences sur des vins du Médoc, et il est à regretter qu'il n'ait expérimenté les vins d'origines différentes.

(1) *Journal de pharmacie et chimie*, t. XXII, p. 49; *Bulletin de la Société royale de pharmacie de Bruxelles*, juillet 90.

La trousse dont se servait Tabarié pour ses déterminations comprenait : 1° une capsule de cuivre que l'on plaçait sur une lampe pour opérer l'évaporation ; 2° un thermomètre portant deux échelles : l'une correspondant à l'échelle centésimale ordinaire, l'autre devant servir aux calculs des tables de Tabarié ; 3° un aréomètre en argent à double lest portant deux graduations. L'une des deux échelles de l'aréomètre, divisée en 60 degrés égaux, avait son zéro correspondant à une densité de 1,0012 à 15° et le 60^m degré à 0,9772 (l'eau ayant pour densité 0,9992, chaque degré égale 0,0004). L'aréomètre, sous son second lest, donnait la densité du vin ; on plaçait ce lest supplémentaire au-dessous du premier.

L'autre échelle comprenait également 60 divisions, le zéro correspondant à 0,9992 de densité à 15°.

On opérait sur 100^{cc} de vin.

Il a été porté quelques modifications au procédé Tabarié par Robinet et J. Brun ; mais les erreurs inhérentes à la destruction et à l'évaporation partielle du vin ne sont pas détruites.

Nécessaire œnométrique Delaunay (1875). — On réduit ici le temps d'ébullition : on reconnaît que l'alcool est complètement chassé, lorsque le thermomètre plongé dans le ballon au-dessus du liquide sans le toucher marque 100°, si on opère à 760^{mm} de pression. L'acide acétique, les éthers, l'anhydride carbonique se trouvent toujours dosés comme alcool.

Vino-densimètre Bouriez (1). -- En 1886, M. Bouriez, pharmacien à Lille, remet en vigueur le procédé Tabarié. Il publie, à ce sujet, une table permettant d'obtenir sans calcul la richesse alcoolique d'un vin quelconque. Il explique l'erreur de Balling,

(1) *Journal de pharmacie et de chimie*, t. XIV, p. 549 ; 5^me série, t. XXII.

concluant à l'inexactitude du procédé : les chiffres donnés par le calcul des différences de densité donnent l'alcool en volume et non en poids.

Le densimètre employé par M. Bouriez porte deux graduations dont les décisions sont en demi-grammes, et le zéro de l'une correspond à 10 de l'autre. L'échelle comprend, en outre, une graduation de 0 à 10, correspondant à 990, 991, 1,000. Une autre graduation va de 0 à 12, correspondant à 1,001..., 1,012 pour le vin privé d'alcool. Si un vin possède une densité supérieure à 1,012, il n'y a qu'à le dédoubler avec de l'eau et multiplier la richesse alcoolique par 2.

Une table de M. Bouriez donne, dans une première ligne horizontale, la densité au-dessus de 1,000 du vin privé d'alcool, et, dans une première colonne verticale, les densités au-dessus de 990 du vin naturel. Mais, comme le fait observer M. Viard, il existe des vins naturels dont la densité est comprise entre 985 et 990, qui ne seront pas dans cette table. La table de M. Bouriez diffère de celle de M. Delaunay de 1, 2 ou 3 dixièmes de degré pour chaque chiffre d'alcool obtenu par la différence des densités ; il y aurait donc lieu de refaire ces essais.

Procédé Sidersky (1).— On emploie la formule :

$$D - d = 0,99916 - X.$$

dans laquelle D et d représentent les densités respectives du vin alcoolique et privé d'alcool, 0,99916 la densité de l'eau à 15° C et X la densité d'un alcool aqueux ayant la même richesse alcoolique que le vin. Connaissant X, on trouve l'alcool pour cent dans la table de Gay-Lussac ou dans la table détaillée de Fowers et Hehcter.

(1) *Revue des Inventions techniques appliquées à la Pharmacie.*

Pour la détermination de D et d , M. Sidersky donne le pycnomètre. On sait que les résultats obtenus avec cet instrument sont plus exacts que ceux donnés par n'importe quel appareil. Ce procédé comporte les mêmes critiques que les précédents.

Pour éviter les calculs, cet auteur publie une table dans laquelle, la différence $D - d$ étant connue, on a directement en regard la richesse alcoolique correspondante par une simple lecture.

Si la température s'écarte de 15°C , on applique au titre alcoolique la correction usitée par la table de Gay-Lussac.

M. Sanglé-Ferrière (1) indique le procédé suivant :

Si on représente par x la densité du vin, par D celle de l'alcool contenu, par d celle du vin privé de son alcool, et enfin par 1000 la densité de l'eau distillée, on obtient l'équation :

$$D + (d - 1000) = x.$$

Connaissant d et x , il est donc facile de calculer la densité de l'alcool contenu, c'est-à-dire D , et, par suite, le degré alcoolique ; il suffit d'appliquer l'équation :

$$D = 1000 - (d - x).$$

Ce procédé de contrôle a toujours fourni à l'auteur d'excellents résultats. Essayé sur plus de 20,000 vins, il n'a jamais donné un écart de plus de $3/10$ de degré d'alcool. Les densimètres indiquant exactement la quatrième décimale donnent de meilleurs résultats que le pycnomètre.

L'auteur, pour simplifier les calculs, a dressé une table donnant de suite le degré alcoolique à $+ 15^{\circ}$ résultant de la différence entre d et x :

(1) Sanglé-Ferrière. *Encyclopédie chimique de Frémy*. — 10, matières alimentaires, p. 107.

Différences entre les 2 densités	Alcool pour 100 en vol.	Différences entre les 2 densités	Alcool pour 100 en vol.	Différences entre les 2 densités	Alcool pour 100 en vol.	Différences entre les 2 densités	Alcool pour 100 en vol.	Différences entre les 2 densités	Alcool pour 100 en vol.
8,4	6,0	10,4	7,3	12,0	8,9	14,0	10,6	16,0	12,4
8,3	6,1	10,2	7,4	12,1	8,9	14,1	10,7	16,1	12,5
8,6	6,2	10,3	7,5	12,2	9,0	14,2	10,8	16,2	12,6
8,7	6,3	10,4	7,6	12,3	9,1	14,3	10,8	16,3	12,6
8,8	6,4	10,5	7,7	12,4	9,2	14,4	10,9	16,4	12,7
8,9	6,5	10,6	7,8	12,5	9,3	14,5	11,0	16,5	12,8
9,0	6,6	10,7	7,8	12,6	9,4	14,6	11,1	16,6	12,9
9,1	6,7	10,8	7,9	12,7	9,5	14,7	11,2	16,7	13,0
9,2	6,7	10,9	8,0	12,8	9,6	14,8	11,3	16,8	13,1
9,3	6,8	11,0	8,1	12,9	9,7	14,9	11,4	16,9	13,2
9,4	6,9	11,1	8,2	13,0	9,8	15,0	11,5	17,0	13,3
9,5	6,9	11,2	8,2	13,1	9,8	15,1	11,5	17,1	13,4
9,6	7,0	11,3	8,3	13,2	9,9	15,2	11,6	17,2	13,5
9,7	7,0	11,4	8,4	13,3	10,0	15,3	11,7	17,3	13,6
9,8	7,1	11,5	8,5	13,4	10,1	15,4	11,8	17,4	13,6
9,9	7,2	11,6	8,6	13,5	10,2	15,5	11,9	17,5	13,7
10,0	7,3	11,7	8,7	13,6	10,3	15,6	12,0	17,6	13,8
»	»	11,8	8,8	13,7	10,4	15,7	12,1	17,7	14,0
»	»	11,9	»	13,8	10,4	15,8	12,2	17,8	14,1
»	»	»	»	13,9	10,5	15,9	12,3	17,9	14,1

Pèse-vin Bonnal.— M. Bonnal, de Nîmes, a essayé de remettre le procédé Tabarié en vigueur. Les lectures se font sur une échelle à réglette mobile et finalement la richesse alcoolique est donnée par un tableau à double entrée.

Les méthodes aréométriques basées sur le principe indiqué par Tabarié donnent approximativement le poids de l'extrait.

PROCÉDÉS DIVERS UTILISANT LES DENSITÉS

M. Sanglé Ferrière (1) indique un procédé basé, non plus sur la détermination de la densité du liquide privé de son alcool, mais bien sur le poids de l'extrait sec.

« On peut, dit-il, déterminer approximativement le degré alcoolique d'un vin, connaissant sa densité et son extrait en poids par litre ; il suffit de modifier la formule Houdart de façon à avoir :

$$D' = D - \frac{P}{2,062}$$

D est la densité du vin.

P est l'extrait en poids par litre.

D' est la densité cherchée du mélange d'eau et d'alcool ; les tables de Gay-Lussac donneront le titre alcoolique.

Procédé Blarez (2).— M. Blarez a appliqué le procédé suivant aux liquides fortement alcooliques, tels que les rhums, eaux-de-vie, etc..., et contenant peu d'extrait (2 à 3 grammes par litre).

On dose donc l'extrait sec sur 20 C.

(1) Sanglé Ferrière, *Encyclopédie chimique de Frémy*. — 10, matières alimentaires, p. 107.

(2) C. R., Ac.-Sc., 16 mars 1891.

On détermine le titre alcoolique apparent donné par l'alcoomètre à 25° ; on obtient le titre réel en ajoutant au premier un nombre de degrés obtenu en multipliant le nombre de grammes de matières extractives par litre par un certain coefficient qui varie avec la force du liquide analysé. Le coefficient à employer en fonction du titre alcoolique réel T est le suivant :

$$A = 0,58 - 0,0108 T \times 0,0000064 T^2$$

On fait donc un calcul en employant le coefficient A applicable au titre apparent trouvé, et on ajoute le produit à ce titre apparent ; on se rapproche ainsi du titre réel.

Si l'extrait sec est supérieur à 4-5 gr. et dû à des sucres, on emploie le coefficient B ; s'il est dû à de la glycérine, on emploie le coefficient C. On doit faire alors deux calculs : on obtient d'abord, comme précédemment, le premier chiffre approximatif avec lequel on fait le deuxième calcul au lieu du titre apparent, et c'est le résultat de ce second calcul qu'on ajoute au titre apparent pour avoir le titre réel.

Titre réel	Coefficients		
	A	B	C
25	0.35	0.393	0.233
30	0.30	0.36	0.215
35	0.28	0.307	0.186
40	0.25	0.269	0.164
45	0.223	»	»
50	0.20	0.218	0.137
55	0.179	»	»
60	0.16	0.194	0.126
70	0.151	0.177	0.118
80	0.125	»	»

Nous doutons que cette méthode soit jamais employée dans la pratique ; elle nous paraît être loin d'avoir la précision donnée par la distillation avec emploi de l'alcoomètre.

CHAPITRE II

MÉTHODES BASÉES SUR LES PHÉNOMÈNES CAPILLAIRES

Si l'on plonge un tube de verre capillaire dans un liquide hydro-alcoolique qui mouille ce tube, le liquide s'élève dans le tube au-dessus de la cuvette et le ménisque sera concave (1). L'ascension autour d'un cylindre mouillé se produit exactement de la même manière que dans un tube creux de même diamètre.

Pour une même valeur de l'angle de raccordement, l'ascension est inversement proportionnelle au diamètre du tube (Loi de Jurin) (2).

La valeur de l'angle de raccordement varie avec la température.

Quand la température s'élève, la tension superficielle décroît (De La Lande, *Journal des Savants*, 1768), la hauteur capillaire diminue, et cette diminution dépasse de beaucoup celle de la densité.

(1) Langberg, *Pogg. ann.* 1859, et Duclaux, *Journal de Physique*, I, 497 - 1872, ont démontré l'influence de ce ménisque sur les mesures aréométriques.

(2) Jurin Jammes, médecin, membre de la Société royale de Londres, *Phil. Trans*, 1718. Cette loi est due en réalité à Borelli-Borelli, *De vi repercussionis e motionibus naturalibus a gravitate pendentibus*. Reggio, 1670.

Equation de la loi de Jurin : $F. 2 \pi r = \pi r^2 h d$

$$\text{d'où} \quad r h = \frac{2 F}{d}$$

r = rayon du tube

d = densité du liquide

h = haut. d'un cylindre équivalent
au volume du liquide soulevé.

F = constante capillaire

F et d variant d'un liquide à un autre. Gay-Lussac a fait des expériences avec un tube de 1^{mm},294 de diamètre et observé les hauteurs à 8°5 :

Alcool de densité 0,819

$h = 9^{\text{mm}},182$

— 0,859

$h = 9,301$

— 0,944

$h = 9,997$

M. Valson (*Etude sur les actions moléculaires*, Grenoble, Maisonville, 1864) a repris les expériences pour les mélanges alcooliques et, ayant vérifié que les substances extractives dissoutes dans le vin naturel n'influencent que très peu la hauteur du liquide soulevé, a construit un appareil de dosage. (La matière extractive du vin fausse le résultat en exagérant la proportion d'alcool).

L'étude des mélanges alcooliques a encore été faite par M. Duclaux et par M. Rodenbeck, qui trouve qu'à 17°5

$$\sqrt{\frac{2 F}{d}} = 2,392 + 1,001 v - 2,641 v^2 + 3,040 v^3$$

v étant le volume d'alcool pour 100 vol. d'eau (1).

La formation des gouttes à un orifice capillaire s'explique aisément à l'aide de la tension superficielle. Ce phénomène a

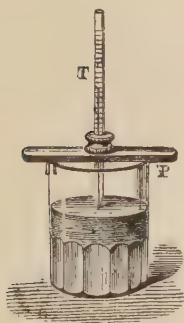
(1) Rodenbeck, *Inaug. Dissert. Bonn.*, 1879.

été étudié successivement par Hagen (1), Tate (2), Dupré (3) et M. Duclaux (4).

On a constaté que la hauteur à laquelle s'élève une colonne d'eau dans un tube capillaire est bien plus grande que la hauteur à laquelle s'arrête une colonne d'alcool dans le même tube, et que des mélanges d'alcool et d'eau montent à des hauteurs intermédiaires selon leur richesse relative en ces deux éléments.

Le professeur Arthur, en 1842, publia une étude assez complète sur la capillarité des liquides alcooliques (*Traité élémentaire de capillarité*). Il construisit un instrument qui servit de modèle à ceux qui ont été créés depuis. Vers 1866, Arthur démontra qu'une très faible proportion de corps gras empêche l'action de la capillarité.

Liquomètre Musculus, Valson et Garcerie.— On maintient préalablement, si la température ambiante l'exige, 2 ou 3 minutes le tube dans de l'eau à 15°. On pose la planchette sur un



Liquomètre

verre ordinaire rempli à peu près aux trois quarts du liquide ; on introduit dans l'ouverture centrale le tube saisi entre le pouce et l'index par l'extrémité supérieure, et on l'enfonce de 2 à 3 millimètres dans le liquide, tout en évitant de toucher avec les doigts la partie graduée du tube, de crainte de l'échauffer. On aspire quelques gouttes pour bien mouiller les parois intérieures. On relève

le tube de manière à produire, en se guidant sur l'image réfléchie, un affleurement exact entre sa pointe

(1) Hagen, *Pogg. Ann.* LXVII, 152, 1846.

(2) Tate, *Phil. mag.*, (4) XXVII, 176, 1864.

(3) Dupré, *Ann. chim. et phys.*, (4) IX, 345, 1866.

(4) Duclaux, — (4) XXI, 386, 1870.

et la surface du liquide. On aspire de nouveau, mais légèrement ; on suit des yeux la colonne liquide descendante et on lit le chiffre inscrit au point où elle s'arrête. On répète, comme vérification, une ou deux fois l'opération.

La température exerçant une certaine influence sur le résultat obtenu, les inventeurs ont calculé des tables de corrections dans le genre de celles de Gay-Lussac.

Il ne faut pas souffler dans le tube, tout devant se faire par aspiration ; on doit éviter avec soin d'y introduire de la salive, des matières grasses, des liquides visqueux, enfin tout autre liquide que le vin, l'eau et l'alcool. Si pendant l'opération il entraine des bulles dans le tube, il faudrait recommencer.

Vinomètre Delaunay. — Le tube capillaire au lieu d'être droit est coudé, et, grâce à cette inclinaison, la longueur de la colonne du liquide est plus grande que dans le liquomètre. Il est gradué de 0 à 20° expérimentalement.

Remplir l'éprouvette de vin jusqu'à 4 ou 5 millimètres du bouchon, introduire le tube capillaire dans le trou central du bouchon en le descendant doucement et en le tournant jusqu'à ce que le liquide *saute* dans le tube ; il ne faut pas l'enfoncer davantage, sous peine de fausser le résultat.

On fait ici la correction de température au moyen d'une table qui accompagne l'instrument. « Cette table (1) ne paraît pas tout-à-fait correcte : de 15 à 14° du thermomètre, la correction à faire se compte de 11 à 20° du vinomètre par 0,4, 5, 6, 7, 6, 5, 5, 4 par degré et de 15 à 16° des thermomètres à 0, 2, 2, 2, 2, 3, 3 ; 3, 4, 4, 4, lorsque dans tout le reste de la table les différences par degré ne dépassent pas 0,2. »

En 1891, M. Delaunay modifia son appareil qu'il munit d'un

(1) Viard.

renflement à la partie supérieure et d'une petite capsule métallique au centre de l'éprouvette, de façon que la pointe inférieure du tube, taillée en biseau, en touchant le fond puisse plonger à une profondeur constante.

Œnomètre Amagat. — Dans le Musculus et le Delaunay, l'ascension du liquide vineux étant provoquée par une aspiration, il s'ensuit que le tube capillaire contient bientôt des matières muqueuses produisant des adhérences qui enlèvent toute certitude aux résultats obtenus. On obtient difficilement avec les appareils précédents un affleurement régulier et convenable. Des différences assez grandes sont apportées par les variations de température du tube. Amagat, pour parer à ces inconvénients, a armé le tube capillaire d'un second tube extérieur devant protéger le premier.

Les vins dont le degré alcoolique dépasse 16° seront étendus d'eau à moitié et le résultat sera multiplié par 2,1.

Alcomètre capillaire Gondelle (février 1891). — C'est un tube incliné, courbé en S et fixé presque horizontalement sur une large planchette graduée et montée elle-même sur un pivot latéral, permettant de faire basculer la pièce à volonté. A l'extrémité inférieure du tube est adaptée une petite capsule destinée à recevoir le vin. Pour remplir la capacité capillaire du tube, ainsi monté, on bascule le système avec la capsule pleine dont l'excédent retombe dans la cuvette inférieure fixe. Il suffit de replacer le tout dans la position normale pour que la colonne liquide, qui a pénétré dans le tube, descende d'elle-même et prenne une position fixe que l'on détermine en lisant la graduation. Ici la succion est supprimée.

Appareil de M. Vivien. — Pour remédier aux inconvénients des appareils capillaires précédents et pour avoir un instru-

ment pouvant se nettoyer facilement, M. Vivien provoque l'ascension du liquide entre deux lames de verre commandées par une vis d'écartement ; dans ce cas, l'ascension a lieu d'elle-même et le nettoyage se fait en passant une bande de papier buvard entre les deux lames écartées très facilement par son dispositif.

Le seul avantage des procédés dosant l'alcool par capillarité consiste dans la rapidité de l'opération qui peut se faire très vivement, puisqu'on n'est pas obligé de procéder à une distillation préalable ; mais cette méthode implique des causes d'erreurs assez grandes, la densité, et, par conséquent, la hauteur à laquelle s'élève le liquide dans le tube capillaire dépendant, non seulement de la quantité d'alcool, mais aussi de celle de l'extrait sec, des matières minérales, des éthers et des acides organiques du vin.

On serait amené pour éviter ces inconvénients à distiller d'abord le vin ; il est plus simple alors de se servir de la méthode de l'alcoomètre, qui est beaucoup plus sensible et plus exact.

TENSION SUPERFICIELLE

Si l'on mélange de l'alcool et de l'eau, la densité de celle-ci est diminuée et en même temps aussi la tension superficielle ; par conséquent le mélange laissera écouler, par un petit orifice, plus de gouttes que l'eau pure, et le nombre de gouttes s'accroîtra à mesure que la proportion de l'alcool ajouté deviendra plus grande. Avec des orifices d'un même diamètre, ce nombre de gouttes est invariable pour chaque proportion du mélange alcoolique, et les différences d'un mélange à un autre sont suffisamment grandes pour que la méthode basée sur ce principe permette l'appréciation du titre alcoolique.

Compte-gouttes Salleron.— M. Salleron énonça les principales lois qui consistent dans l'application du procédé au dosage de l'alcool par le compte-gouttes dès 1861.

On remplit de liquide un flacon compte-gouttes ; on fait couler 20 gouttes du liquide dans une petite capsule soigneusement tarée ; on prend exactement le poids et on cherche le titre alcoolique dans des tables spéciales.

M. Salleron avait construit une balance assez sensible munie de disques portant une graduation en degrés alcooliques ; on faisait équilibre à une petite capsule dorée tarée au moyen de ces petits disques.

Le liquide alcoolique est à 15° C., sinon il faut faire une correction.

Richesse alcoolique	Poids de 20 gouttes	Richesse alcoolique	Poids de 20 gouttes
0	1 gr.		
1	0,940		
2	0,895	14	0,640
3	0,858	15	0,630
4	0,826	16	0,617
5	0,797		

« La présence dans le vin de substances d'un poids moléculaire élevé, comme l'éther acétique, l'alcool propylique, l'alcool butylique, etc., exercent cependant, bien qu'elles s'y trouvent à l'état de traces seulement, une influence appréciable, ce qui peut diminuer un peu la précision de la méthode. La tension superficielle de ces corps est faible. Le nombre de gouttes s'élève très sensiblement. On peut, par exemple, produire un effet mesurable avec $\frac{1}{4000}$ d'éther acétique. » (1)

(1) C. R. Ac. sc. 78^e vol. Note Duclaux

D'après une note du 22 octobre 1861 de M. Salleron à l'Académie de médecine :

1 goutte d'eau distillée à 15° C pèse. . .	50 milligrammes
— — sucrée à 10 p. ‰ . . .	50 —
— — — à 20 p. ‰ . . .	50 —
— — — à 40 p. ‰ . . .	50 —

Le sucre en dissolution dans l'eau ne change donc pas sensiblement le poids des gouttes.

L'alcool à 86° donne des gouttes pesant 16 milligrammes ; toutes les teintures alcooliques préparées avec de l'alcool au même titre donnent des gouttes de même poids.

Ces résultats sembleraient montrer que les corps, simplement dissous dans les liquides, n'en modifient pas la cohésion ; mais d'autres dissolutions, comme celles de soude caustique à 36° B, qui donnent des gouttes de 66 mmgr. viennent infirmer cette conclusion. Convient-il d'en déduire que la soude n'est simplement dissoute, et d'admettre qu'il existe des combinaisons de la soude avec l'eau ? (1).

Le dosage de l'alcool peut se faire dans les mélanges hydro-alcooliques et dans les vins de la même façon. Cependant, dans les cas incertains, on recommande d'avoir recours à la distillation ; mais alors il vaut autant employer l'alcoomètre.

Si l'on admet que le poids des gouttes des diverses solutions sucrées ne change pas, bien que les additions de sucre fassent varier considérablement la densité, il faut en conclure que le volume de la goutte a été modifié dans le rapport inverse. Or, on sait que la proportion des sels dissous dans les vins varie depuis 20 gr. jusqu'à 180 gr. par litre. C'est pour cette raison que M. Salleron a choisi la pesée.

M. Salleron reconnut que l'on arrive seulement à des

(1) C. R. Ac. sc., vol. 78. Note Salleron.

résultats approchés. Il constata cependant que, pour les vins ordinaires, les erreurs sont assez faibles, et l'appareil fut employé par l'octroi de Paris dès 1872, afin de rechercher si les vins présentés à l'entrée contenaient plus ou moins de 15 p. % d'alcool.

Compte-gouttes Duclaux. — Présenté le 6 avril 1874 à l'Académie des sciences, cet instrument se compose d'une pipette de 5 cc. que l'on remplit de liquide alcoolique ; d'après le nombre de gouttes que fournit ce volume constant de 50 cc., on connaît le titre alcoolique en faisant la correction de température et en cherchant dans la table. 5 cc. à 15°, donnent 100 gouttes avec cet appareil. Le vin doit être filtré.

Table de Duclaux

ALCOOL p. 100	TEMPÉRATURES							
	5°	7°5	10°	12°5	15°	17°5	20°	22°5
	Gouttes	Gouttes	Gouttes	Gouttes	Gouttes	Gouttes	Gouttes	Gouttes
Vin à 3 p. 100	117	117,5	118	119	119,5	120,5	122	123
4	121	121,5	122,5	123	124	125	126,5	127,5
5	125	125,5	126	127	128,5	129,5	130,5	132
6	128,5	129,5	130,5	131,5	132,5	134	135	136,5
7	132,5	133,5	134,5	136	137	138	139,5	141
8	136,5	138	139	140	141	142,5	144	145,5
9	141	142	143	144	145,5	147	148,5	150
10	144,5	145,5	147	148	149,5	151	152,5	154
11	148,5	149,5	150,5	152	153,5	155	156,5	158
12	151,5	153	154,5	156	155,5	159	160,5	162
13	155,5	157	158,5	160	161,5	163	165	166
14	159,5	161	162,5	164	165,5	167	168,5	170
15	163	164,5	166	167,5	169	170,5	172	174

D'après Baudrimont, cet appareil a cela de remarquable que les substances dissoutes dans le vin, autres que l'alcool, n'ont aucune influence sur le nombre de gouttes qui s'écoulent, les éthers formant le bouquet étant seuls exceptés.

Il existe une table (*Manipulations de Physique* — Malosse, p. 164), donnant un nombre de gouttes différent pour l'eau alcoolisée et le vin.

On voit, d'après les différents expérimentateurs, que l'action des corps en dissolution dans le vin est mal connue ; mais, d'après M. Vivien, si pour les mélanges d'eau et d'alcool, ce procédé est théoriquement exact, pour le vin il est exposé à donner des erreurs appréciables.

Comme un degré n'est quelquefois différencié que par $1/2$ goutte et que l'on est toujours obligé d'en compter au moins 120, il s'ensuit que ce compte-gouttes n'est pas pratique, et, par ce fait, manque son but.

Roulement des gouttes.

Homéotrope Gossart. — On utilise dans cet appareil les lois données (1) du roulement des gouttes liquides à la surface d'un même liquide, phénomène analogue à la caléfaction.

PRINCIPE FONDAMENTAL. — *Deux mélanges liquides, semblables qualitativement, mais différents quantitativement, roulent l'un sur l'autre quand ils se rapprochent de l'identité de composition, mais font le plongeon l'un dans l'autre quand ils s'éloignent suffisamment de cette identité et la ligne de démarcation très précise (marquée, d'ailleurs, par un phénomène limite, l'alternance des plongeurs et des roulements) se prête à l'analyse de l'un des liquides par l'autre.*

Une eau-de-vie de titre bien déterminé sert de réactif.

L'appareil comprend une petite coupe en verre appelée *homéotrope*, dont les parois verticales, un peu convexes en

(1) C. R., Ac. Sc. — E. Gossart, 26 octobre 1891.

dedans, se raccordent aux extrémités, suivant un angle de 30° environ. Grâce à cette forme, la surface libre du liquide qu'on y verse se relève aux deux bouts en formant deux pentes très inclinées et très allongées.

Deux compte-gouttes, l'un à grosses gouttes de 3^{mm} de diamètre, l'autre à petites gouttes de 2^{mm}, 5 de diamètre, sont compris dans le nécessaire qui contient, en outre, une pipette à un seul trait de 5^{cc}.

L'on aspire le liquide à essayer dans le compte-gouttes en comprimant, puis desserrant le caoutchouc, et l'on fait tomber les gouttes sans secousses par un léger mouvement à vis descendant de la coiffe en caoutchouc.

En ce qui concerne l'alcool, l'auteur a reconnu :

« 1° *Qu'un alcool ne roule bien sur lui-même qu'à partir de 20 0/0, car l'eau est un des rares liquides qui ne se prêtent pas au roulement* ».

Il en résulte que la méthode ne peut s'appliquer directement à la détermination du titre alcoolique des alcools faibles, des vins, bières, et, en général, de tous les liquides ne renfermant pas 20 0/0 d'alcool : mais il est facile d'augmenter le titre alcoolique d'une quantité connue, et, dès lors, la méthode devient applicable.

« 2° Que l'alcool à 20° ne roule que sur des alcools qui s'écartent de 20° très peu et également au-dessus et au-dessous (de 19° à 21° environ).

« 3° Que l'alcool à 25° ne roule que sur des alcools qui s'écartent peu et également de 25° (de un peu moins de 24° à un peu plus de 26°) ;

« 4° Que l'alcool à 45° roule seulement sur tout alcool de degré compris entre 40° à 50° » ;

« 5° Que, d'une manière générale, de 40° à 90°, un alcool quelconque roule et ne roule que sur tout alcool qui ne s'écarte de lui que de 5° en plus ou en moins. »

C'est donc surtout pour les liquides renfermant de 20 à 25 0/0 d'alcool que la méthode présente le plus de sensibilité, et c'est ce résultat expérimental qui sert de point de départ au mode opératoire. Le résultat obtenu est indépendant de la présence des matières étrangères, liquides ou solides, qui sont dissoutes dans les boissons. De ce fait la distillation n'est pas nécessaire.

L'auteur prend comme liquide type une eau-de-vie à 20 0/0 ; c'est ce liquide que l'on place dans la cuvette. L'on fait couler le liquide de force inconnue et l'on ajoute de l'eau peu à peu en volume connu, jusqu'à ce que le roulement se produise, ce qui indique que l'on a ramené le liquide primitif à 20 0/0.

Connaissant la quantité d'eau ajoutée, il est facile de déduire le titre alcoolique primitif. Ceci est le cas pratiquement le plus simple, c'est-à-dire celui où le liquide marque un degré supérieur à 20°. Si, au contraire, le liquide marque moins de 20°, ce qui est le cas ordinaire pour les vins, bières, et en général pour les boissons hygiéniques, on l'alcoolise par addition d'une quantité connue d'un alcool type de degré bien déterminé, et l'on opère comme dans le cas précédent.

Un simple calcul permet de déterminer le degré alcoolique vrai.

Nous n'avons pas eu l'occasion d'essayer ce procédé ; il est certain qu'il demande une grande habitude pour son manie-
ment.

Dans les numéros récemment parus du *Bulletin de la Société Chimique de Paris*, l'auteur a généralisé l'emploi de sa méthode et l'a appliquée à la recherche des falsifications des essences végétales le plus fréquemment employées en pharmacie et dans l'industrie. Il en résulte que cet appareil pourrait présenter une assez grande utilité pour les pharmaciens et peut-être cette méthode pourra-t-elle rentrer dans la pratique dans un avenir peu éloigné.

ÉCOULEMENT DES LIQUIDES

OEnorhéomètre Vivien-Lainville (1). — La construction de cet appareil est basée sur le principe de la vitesse d'écoulement à travers les tubes étroits des mélanges hydro-alcooliques, comparée à celle de l'eau à la même température.

Cet instrument se compose de deux tubes semblables, l'un marqué vin, l'autre eau, terminés à la partie supérieure en entonnoirs ; immédiatement au-dessous de ces entonnoirs se trouve une partie à section plus petite où sont marqués deux traits d'affleurement.

Les deux tubes, au-dessous de leur partie à large section, se continuent par deux tubes plus petits et exactement calibrés, qui viennent s'encaster dans un robinet métallique à deux écoulements. Par deux vis à manchons on fixe au robinet deux petits tubes en argent, creusés à leur intérieur d'une gouttière ayant sept millimètres de diamètre. Le tube vin porte la graduation par degrés alcooliques de 4 à 20° et le tube eau porte un curseur servant à fixer le 0 de l'appareil.

Pour régler l'appareil, on prend la température exacte d'une certaine quantité d'eau parfaitement limpide, on verse cette eau dans les deux burettes jusqu'à moitié environ des entonnoirs supérieurs et on l'amène, en ouvrant le robinet, à l'affleurement des deux traits gravés sur le verre, dans l'étranglement. On règle exactement ce niveau au moyen d'un peu de

(1) *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de la Savoie*, n° 2, septembre et décembre 1891. — *Bulletin commercial des vins et alcools*, 10 octobre 1892. — Gautier, *Sophistication des vins*, 4^{me} édition. — Viard, *Traité sur les vins*.

papier buvard ; on ouvre alors rapidement le robinet et on laisse descendre le liquide jusqu'au 0° gravé sur la burette vin, si la température est de 15°. On ferme le robinet et on amène jusqu'à l'affleurement du ménisque inférieur du liquide contenu dans la burette eau, la partie supérieure de l'index curseur. Si la température est supérieure à 15°, le liquide devra être arrêté à une distance du zéro égale à autant de fois 0°25 qu'on aura de degrés au-dessus de 15°. L'appareil est alors vidé complètement en ouvrant le robinet et soufflant dans chaque burette au moyen d'une poire de caoutchouc. On amène le vin à la même température que l'eau ; on fait passer dans la burette « vin » quelques centimètres cubes de vin pour la rincer, puis on l'emplit de vin jusqu'à la moitié de l'entonnoir supérieur ; on remplit d'eau l'autre burette, toujours à la même température. On amène les liquides au même point d'affleurement, on ouvre vivement le robinet et on laisse écouler. Au moment où le ménisque inférieur du côté eau atteint le sommet de l'index curseur, on ferme le robinet et on lit sur la burette vin le degré alcoolique, les lectures étant faites à la partie inférieure du ménisque, l'eau et le vin étant exactement à la même température.

Les vins riches en extrait doivent être coupés de moitié d'eau.

L'appareil étant réglé, le dosage de l'alcool dure deux minutes, et, selon M. Gauthier, avec une approximation de 0°2.

Nous n'avons pas eu cet appareil sous la main ; mais il nous semble qu'il doit être fort difficile d'obtenir la même température pour l'eau et le vin, ce qui est indispensable.

Il est bon d'observer, avec M. Vivien, que tout l'appareil, et surtout les deux tubes d'écoulement en argent, doivent être dans le plus grand état de propreté, car la moindre adhérence changerait notablement les résultats.

Cet appareil est donc sujet à des causes d'erreurs, et nous doutons qu'il arrive jamais à servir concurremment avec les instruments généralement employés, alambics et ébullioscopes.

CHAPITRE III

PROCÉDÉ BASÉ SUR LA DILATATION

Dilatomètre de Silbermann. — Cet instrument est fondé sur ce fait, que l'alcool et l'eau se dilatent de quantités très différentes, lorsqu'on les expose à une même élévation de température. Ainsi l'eau se dilate, en passant de 0 à 100°, de 0,0446 de son volume primitif, tandis que l'alcool, dans les mêmes circonstances, se dilate de 0,1254. Les divers mélanges d'alcool et d'eau se dilateront d'autant plus qu'ils renfermeront plus d'alcool et d'autant moins qu'ils contiendront plus d'eau. Il ne s'agira donc, pour connaître le volume alcoolique d'un mélange, que de connaître exactement la quantité dont il se dilate pour une élévation de température connue.

Silbermann a pris cette élévation de température entre 25° et 50°, comme étant des températures faciles à obtenir dans la pratique.

L'instrument, proposé en 1848, est fort ingénieux. Il se compose d'une plaque en cuivre sur laquelle est fixé un thermomètre à mercure. Sur cette plaque sont encore marqués deux traits perpendiculaires à la colonne de mercure, le trait inférieur correspond à la température de 25° ; le trait supérieur à 50°. A côté, et parallèlement au tube thermométrique, se trouve placée une pipette cylindrique de la forme d'un gros thermomètre, ouverte par le haut et dont l'orifice inférieur se ferme au moyen d'une petite plaque de liège fixée sur une petite plaque de cuivre qu'on peut élever ou baisser à volonté au moyen d'une vis de rappel. Un trait inférieur indique la

quantité de liquide qu'on doit introduire dans la pipette. A une certaine distance, au-dessus, se trouve le zéro ; c'est le point correspondant à la dilatation de l'eau à 50 degrés ; plus haut, se trouve le nombre de 100 degrés correspondant à la dilatation de l'alcool pur pour la même température, l'intervalle entre 0 et 100 est divisé en cent parties.

Pour se servir de l'instrument on le plonge dans le vin qu'on veut essayer ; on ouvre la pipette en dessous, et l'on y fait monter, à l'aide d'un petit piston, une certaine quantité de liquide ; on plonge l'instrument dans un vase contenant de l'eau chaude, et lorsque la température est exactement à 25 degrés, on laisse écouler un peu du liquide de la pipette jusqu'à ce qu'il soit descendu exactement au trait inférieur correspondant à cette température ; on ferme, et l'on élève la température de l'eau jusqu'à 50°, point qui est indiqué par le trait supérieur de la colonne de mercure. A ce moment, on regarde la hauteur de la colonne du liquide de la pipette, et le degré qu'elle indique fait connaître en centièmes la quantité d'alcool contenue dans le liquide essayé.

Cet appareil qui, d'après Lago, est d'une grande exactitude, ne doit être confié, selon Ladrey, qu'à des personnes très au courant des essais de laboratoire ; les résultats obtenus manquent de précision ; mais, toujours d'après Ladrey, pour un usage industriel, ils sont bien suffisants. Enfin, M. Vivien s'exprime ainsi : « Il est évident qu'au point de vue théorique, » cette méthode est irréprochable, mais la plus ou moins » grande quantité de gaz en solution dans le vin est une cause » d'erreur ; de plus, l'opération d'emplissage du récipient est » très méticuleuse, et, enfin, le temps employé par une semblable expérience est tout aussi long que pour une distillation à l'alambic Salleron ; pour toutes ces raisons, cet instrument a été négligé dans l'emploi et n'offre d'intérêt qu'au » point de vue technique. »

CHAPITRE IV

MÉTHODES BASÉES SUR LA DÉTERMINATION DE LA TEMPÉRATURE D'ÉBULLITION

L'eau entrant en ébullition à 100° C sous une pression de 760^{mm} et l'alcool absolu à 78° C, il existe entre ces deux températures une différence de 22 degrés qui comprend les températures auxquelles bouillent tous les mélanges hydro-alcooliques, quelles que soient leurs proportions. Il suffit donc de porter à l'ébullition le mélange hydro-alcoolique, d'y plonger un thermomètre, et de la température d'ébullition on peut déduire la richesse alcoolique.

Mais la température d'ébullition d'un vin ou d'un liquide spiritueux, mêlé à une matière étrangère, n'est pas constante comme celle de l'eau pure, de l'alcool absolu ou de tout autre liquide homogène ; elle reste constante pendant quelques secondes seulement. Quand l'ébullition est commencée, c'est cette température qu'il faut saisir, ce qui n'offre pas de difficulté quand on a l'habitude de ces manipulations. Néanmoins il serait prudent de répéter l'opération, afin de prendre la moyenne ; sans cette précaution on ne pourrait avoir une certitude complète.

Si l'on attendait un peu trop pour la lecture, il pourrait se produire un phénomène de surchauffe qui fausserait les résultats. Pour régulariser l'ébullition on a recommandé d'introduire dans le liquide qui fait l'objet de l'expérience, des corps

anguleux, du verre pilé, de la limaille de fer, des fils de platine, etc. Pour l'eau, Gay-Lussac (1) fit voir que la température d'ébullition était de 1°3 plus élevée dans un vase de verre que dans un vase métallique, à moins qu'on n'introduise l'un de ces corps. Il montra que les bons conducteurs transmettent plus facilement la chaleur; il devait en résulter que l'eau serait portée à une température plus élevée dans les vases métalliques que dans les vases de verre. Bostock (2) observa, dans ses expériences sur l'ébullition de l'éther, l'alcool, un retard de quelques degrés dans la température d'ébullition de l'alcool et de l'eau au bain-marie.

L'alcool qui à feu nu entre facilement en ébullition peut supporter sans bouillir 100° (3). Marcet (4), sur l'influence de la nature des vases sur l'ébullition de l'eau, reconnut que, dans des vases de fer-blanc et de cuivre, la différence des températures d'ébullition ne dépassait pas 0°1; l'écart était plus prononcé dans des vases de verre. Il attribua ces anomalies aux différences d'adhésion du liquide pour les parois des vases, le liquide bouillant à une température d'autant plus élevée que l'adhésion est plus grande. Les corps qui ne sont pas mouillés par les liquides, soufre, gomme laque, corps gras, en présence de l'eau, ont la propriété de provoquer l'ébullition, car l'espace qui reste entre le solide et le liquide peut se remplir de vapeur. Suivant que la vapeur du liquide s'échappe à l'air ou qu'elle est condensée et retombe dans le liquide lui-même, enfin,

(1) *Ann. chim. et phys.*, 1^{re} série, t. LXXII, p. 171, 1812.

(2) On the boiling point of ether, by Bostock (*Annals of philosophy*, t. IX, p. 196, 1825).

(3) *Annales ch. et phys.*, 5^e série, t. IV, p. 361. Gernez, *Recherches sur l'ébullition*.

(4) Marcet, *Sur quelques circonstances qui influent sur la température d'ébullition des liquides* (Bibliothèque universelle, t. XXXVIII, p. 388, 1842).

suivant la longueur de la colonne thermométrique, située en dehors du vase, on obtient des points d'ébullition différents. Pour beaucoup de ces raisons, les tables publiées par les différents expérimentateurs manquent de concordance.

De ces quelques considérations générales, il ressort clairement que les appareils ébulliométriques servant au dosage de l'alcool doivent être gradués avec le plus grand soin, et que les constructeurs doivent s'attacher à livrer un instrument dont l'échelle est construite en tenant compte de ces causes d'erreur et permettant à l'opérateur de se placer pour ses déterminations dans les conditions où l'appareil a été gradué ; mais il est regrettable que les échelles de la plupart de ces appareils n'aient pas été déterminées sur des bases précises.

Dans le courant de nos expériences, nous avons cherché à vérifier si l'introduction d'un corps étranger dans les spiritueux a une influence sur la température d'ébullition. Nous avons introduit du verre pilé dans nos ébullioscopes et ébulliomètres ; nous avons pris le point d'ébullition du liquide d'abord seul, puis celui du même liquide avec du verre pilé. Nous sommes arrivé chaque fois au même résultat.

Ces expériences ont été faites sur des vins ordinaires et sur des vins liquoreux.

Nous pourrions nous expliquer ce fait par la présence des saillies qui existent toujours à l'intérieur des chaudières, et qui retiennent les bulles d'air.

Il a été construit une multitude d'appareils relatifs au dosage de l'alcool par l'ébullition.

Le premier en date est :

1° OEnoscope Tabarié (1829-1833) (1). — L'appareil primitif

(1) En 1823, F. Grœning, de Copenhague, avait déjà proposé l'emploi du thermomètre pour mesurer la richesse alcoolique des liquides, mais il n'avait construit aucun appareil particulier.

était dépourvu de réfrigérant ; les vapeurs d'alcool s'échappaient du mélange, et le thermomètre, au lieu de rester stationnaire, indiquait des températures de plus en plus élevées. Au moment où il restait stationnaire, il n'y avait plus d'alcool, la température était aux environs de 100°C. Pour ce motif, Tabarié adapta à sa chaudière un condenseur où arrivaient les vapeurs d'alcool pour s'y refroidir. L'alcool retombait dans la chaudière, et la richesse alcoolique restait constante.

La présence des substances fixes dans le vin, d'après Tabarié, *ajoute* à la température ; plus tard, M. Salleron démontra, au contraire, qu'elle abaisse la température d'ébullition du vin.

C'est à partir de ce moment que la construction d'appareils similaires commença.

2° *Ebullioscope de l'abbé Brossard-Vidal* (1). — Ce n'est qu'une mauvaise modification du précédent. Il rappelle, par son aspect, le baromètre à cadran. Le liquide alcoolique était chauffé au bain-marie ; le condensateur des vapeurs se trouvait supprimé. Les lectures se faisaient sur un cadran gradué d'après la règle de Grœning, ou plutôt par des expériences directes faites avec des liqueurs où les doses d'alcool et d'eau sont variables.

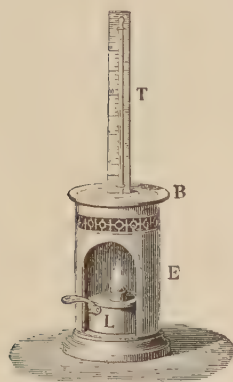
3° *Field's alcoometer*. — Il fut employé en Angleterre en 1846. Le D^r Ure, chimiste de l'accise, le fit adopter par le gouvernement anglais, qui s'en servit pendant plusieurs années.

L'indispensable condenseur était encore supprimé.

(1) L'abbé Brossard-Vidal, principal du collège de Toulon, présenta cet appareil, le 6 février 1843, à l'Académie des sciences. Francœur en fit le rapport.

Polb appelle l'ébullioscope : « appareil thermoaréométrique ».

4° *Thermomètre alcoométrique de Conaty.* — On l'employa en France dès 1847. Le condenseur manque. On trouve ici une échelle mobile. On se dispense de table de correction.



Thermomètre de Conaty

Le titre fourni par l'appareil Conaty et par l'ébullioscope Vidal est de un demi-degré ou un degré au-dessus du titre donné par la distillation pour les liquides ne donnant pas plus de 20 centièmes d'alcool : au-delà, la différence est un peu plus forte, mais toujours dans le même sens.

5° *Appareil Lerebours et Secrétan.* — Ici se trouve une échelle présentant 30 degrés et dont les plus serrés ont une étendue d'au moins 3^{mm}. Cette nouvelle disposition donne une plus grande sensibilité.

6° *Ebullioscope à tige de Mlle Brossard-Vidal (1848).* — Le thermomètre, dans cet appareil, est coudé horizontalement.

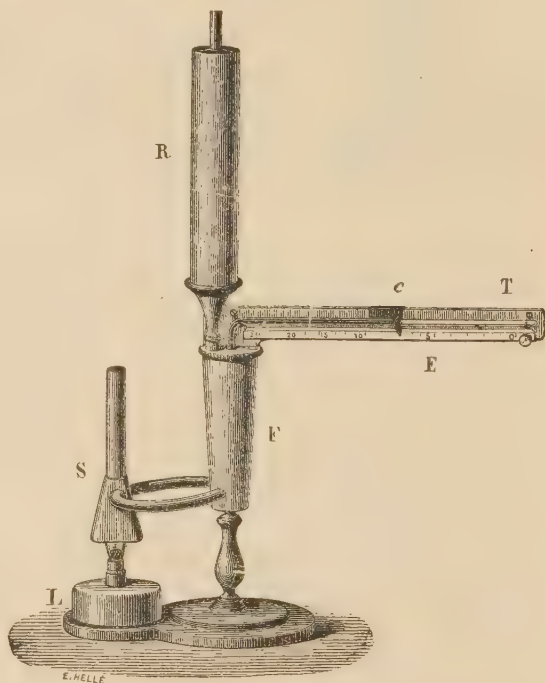
7° *Nouvel appareil Tabarié (1850).* — Le thermomètre est, maintenant, muni d'une échelle qui indique les pressions barométriques correspondantes aux températures auxquelles l'eau entre en ébullition. Une échelle de comparaison permet la transformation de ces degrés barométriques en richesses alcooliques. L'appareil était accompagné de tables de correction calculées d'après ce principe qu'au-dessous de 70/0 d'alcool, les liquides alcooliques subissent une élévation de température, tandis qu'au-dessus de 70/0 la température est abaissée.

8° *Ebullioscope Malligand.* — Le 31 juillet 1872, Mlle Vidal s'adjoint M. Malligand et prend un brevet. L'on trouve dans ce nouvel appareil le condenseur Tabarié et la règle mobile de

Conaty. Le chauffage se fait au moyen d'un thermo-siphon. Cet appareil, défendu par Thénard à l'Académie des sciences, a été modifié par MM. Jacquelin, Wiesnegg et Alvergniat frères. Le degré alcoolique est donné directement par une échelle mobile qui se déplace le long d'une règle dans laquelle se trouve enchassée la tige du thermomètre coudé.

Pour se servir de cet instrument, on note la température d'ébullition de l'eau que l'on obtient en introduisant de l'eau dans la chaudière jusqu'à une bague qui se trouve à la partie inférieure et de façon que le réservoir du thermomètre soit plongé dans la vapeur d'eau; l'on chauffe avec une lampe à alcool produisant une flamme fixe;

quand la colonne reste fixe, on amène le 0 en face l'extrémité de la colonne mercurielle. Le point d'eau se trouve ainsi déterminé. On jette l'eau de l'appareil que l'on rince préalablement avec du vin à essayer afin d'enlever toute trace de liquide étranger au spiritueux dont on veut déterminer le titre alcoolique. On met du vin dans l'appareil jusqu'à la seconde bague située à la partie supérieure. De l'eau est introduite dans le réfrigérant et on fait bouillir. On lit la division en face de



Ebullioscope Malligand.

laquelle l'extrémité de la colonne mercurielle reste stationnaire ; elle donne directement le titre alcoolique du vin essayé.

Cette lecture n'est pas toujours des plus faciles à cause de la disposition de l'appareil ; et il faut une très grande habitude pour éviter les erreurs.

Les vins chargés en couleur ou liquoreux doivent être coupés de leur volume d'eau ; les vins de liqueur, de trois volumes d'eau.

Dans la graduation de cet instrument, il n'est tenu aucun compte de l'action des sels du vin. L'erreur est seulement diminuée par le coupage préalable avec de l'eau ; mais elle n'est pas annulée.

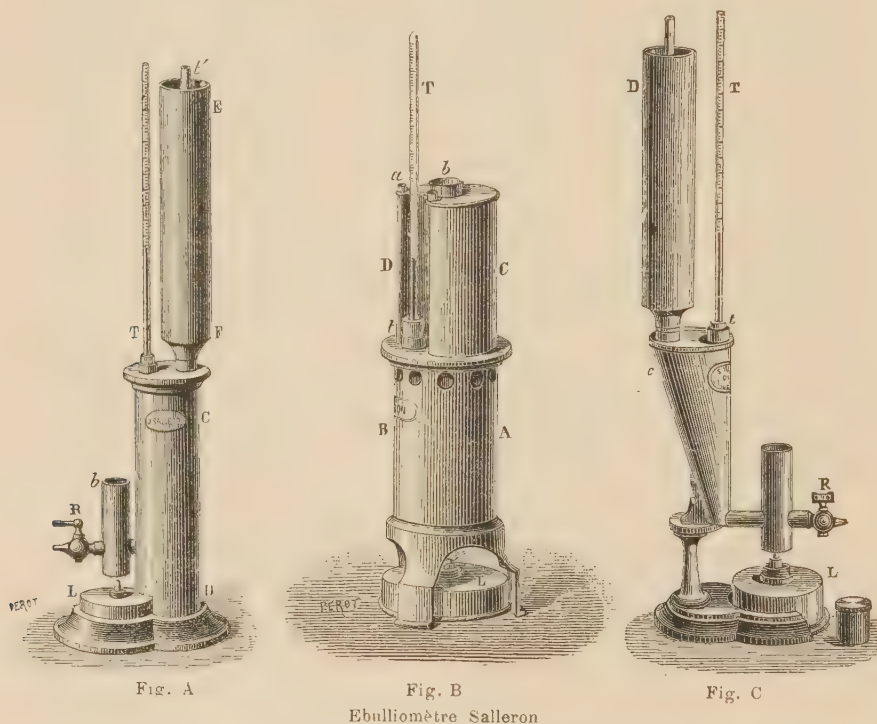
Nous parlons plus loin (pag. 129) des espacements inégaux dans la graduation.

Rien ne nous explique ces irrégularités, et il est à regretter que les bases qui ont servi à la construction de l'échelle Malligand ne soient pas connues. Il nous est permis de supposer que, dans l'établissement de la graduation, il s'est produit des erreurs qui ont été jusqu'ici reproduites par les différents constructeurs. Il y a là dans cet appareil une lacune que nous ne saurions trop engager à combler.

L'usage de cet appareil s'est répandu à tel point qu'il a donné naissance à un degré spécial, le degré Malligand, par comparaison aux degrés anciens, le Baumé, le Cartier. Cette dénomination spéciale est la condamnation scientifique de l'ébullioscope Malligand.

Ebulliomètre Salleron.— Cet appareil a subi divers modifications dans sa construction, comme nous le font voir les figures A, B, C (pag. 96). La figure C nous le représente tel qu'il est livré aujourd'hui au commerce ; il est débarrassé de l'enveloppe extérieure destinée tout d'abord à éviter les pertes de chaleur par rayonnement et, par conséquent, de diminuer la durée de chauffage. A sa partie supérieure la chaudière pré-

sente deux ouvertures, l'une destinée à recevoir un thermomètre gradué au $1/10$ de degré, l'autre servant à fixer un condenseur composé d'un récipient pouvant contenir de l'eau et traversé d'un tube renflé à sa partie supérieure, afin d'augmenter la surface de refroidissement ; dans ce tube viennent se condenser les vapeurs alcooliques qui retombent ensuite dans la chaudière. Une lampe à flamme constante chauffe la chaudière par un thermo-siphon.



Le principal intérêt de cet instrument nous est offert par sa graduation. Dans les ébullioscopes et dans le Malligand en particulier, il n'est tenu aucun compte des matières extractives du vin. Nous avons vu que les matières ne changeaient pas le point d'ébullition de l'eau alcoolisée : la température d'ébullition des vins secs dépend seulement des proportions d'eau et d'alcool

qu'ils contiennent et non pas de la quantité de matières qui s'y trouvent dissoutes (1).

Ainsi, un vin contenant :

15	volumes d'alcool,
5	— de matières dissoutes,
80	— d'eau.
Total	100 volumes

bout exactement à la même température qu'un autre liquide contenant :

15	volumes d'alcool,
80	volumes d'eau.
Total	95 volumes.

Cependant la richesse alcoolique du premier mélange est 15 p. 100, tandis que celle du second est 15 p. 95 ou 15,8 p. 100.

Un vin dans ces conditions donnera par conséquent à l'ébullioscope une erreur de 0,8 en plus ; et les indications de l'instrument sont d'autant plus fausses que le vin contient plus d'extrait.

M. Salleron a tenu compte de l'influence indirecte des matières extractives du vin, et a construit son ébulliomètre en prenant comme type les vins contenant 25 grammes d'extrait par litre, ce qui est la richesse moyenne des vins en extrait.

Si la graduation ébullioscopique était établie d'après les simples mélanges d'eau et d'alcool, il serait d'une réelle simplicité de transformer les indications de l'ébulliomètre en

(1) *Etude sur la température d'ébullition des spiritueux et sur le dosage de l'alcool au moyen de l'ébullioscope*, par Salleron. Paris, 1876.

indications de l'ébullioscope et réciproquement. En effet, si un vin contient 2 gr. 50 p. 100 de matières extractives, 1.94 étant la densité moyenne de celles-ci, le volume occupé par l'extrait

$$\text{est } 1,28; \text{ car } V = \frac{P}{D} = \frac{2,5}{1,94} = 1,28.$$

En réalité on doserait dans les ébullioscopes l'alcool contenu dans 100 — $1,28 = 98,72$, tandis qu'on le dose dans 100 cc.

Dans le premier cas, la richesse alcoolique est x p. 98,72 et dans le second cas, elle est x p. 0/0.

Puisque 98 cc., 72 de vin contiennent x cc. d'alcool,

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ cc.} & \text{—} & \text{—} & \frac{100 \ x}{98,72} \end{array}$$

La différence

$$\frac{100 \ x}{98,72} - x \text{ ou } 1,01 \ x - x$$

nous représente l'erreur commise théoriquement en trop par les ébullioscopes en prenant pour appareil de comparaison l'ébulliomètre.

Plus x sera grand, ce qui revient à dire que plus le titre alcoolique sera élevé, plus l'erreur commise sera grande: ainsi, pour un vin contenant 2 gr. 5 d'extrait p. 0/0 et 5 cc. d'alcool p. 0/0, elle sera de 0,05; 10 cc., de 0,1; 15 cc., de 0,15, etc.

Tenant compte de ce principe, M. Salleron (1) a construit une échelle spéciale pour la détermination de laquelle il a employé l'aréomètre de Farenheit en ayant le soin de n'opérer

(1) *Etude sur l'essai des vins au moyen de l'ébulliomètre* J. Salleron, Paris.

qu'à 15°; il s'est servi en outre de thermomètres à déversement permettant l'appréciation exacte du 1/100 de degré.

Quand on a traduit en degrés centigrades la température d'ébullition d'un vin, il faut traduire cette température en richesse alcoolique. On emploie la règle à coulisse, qui se compose d'une réglette médiane mobile entre deux échelles fixes ; cette réglette, qui est divisée en degrés centigrades, représente l'échelle du thermomètre depuis 85 jusqu'à 101°.

L'échelle de gauche, modifiée plus tard par Dujardin, fut intitulée : Eau et alcool ; elle est graduée depuis 0 jusqu'à 25° ; chaque degré est subdivisé en dix parties. L'échelle de droite, qui porte l'inscription : Vins ordinaires, est divisée dans les mêmes limites et de la même manière ; les 0 des deux échelles se trouvent sur une même ligne droite, mais les autres degrés n'ont pas le même écartement. L'échelle des températures est chiffrée en montant, de bas en haut, tandis que les échelles alcooliques le sont en descendant de haut en bas.

Certains acheteurs et vendeurs opérant avec l'alambic, l'ébulliomètre ou l'ébullioscope, pouvaient se trouver en désaccord ; mais, frappé de ce désagrément, M. Dujardin a eu l'heureuse idée de modifier la règle précédente : il a remplacé la dénomination : Vins ordinaires, par Alcomètre légal, et a reporté à la place de la graduation : Eau et Alcool, l'échelle de Malligand, en ayant le soin de reproduire ses inégalités. (Fig. ci-contre).

Quand on veut procéder à un essai ébulliométrique, il faut tout d'abord déterminer la température d'ébullition de l'eau. On fait donc bouillir de l'eau dans l'appareil de façon que le thermomètre plonge dans la vapeur et en évitant de mettre de



l'eau dans le réfrigérant ; on observe la température indiquée. On fait coïncider, en déplaçant la réglette mobile, le chiffre obtenu avec les zéros des échelles fixes. On fixe la réglette mobile au moyen d'un écrou. On fait bouillir 50^{cc} de vin, après avoir rincé l'appareil refroidi, et après avoir préalablement mis de l'eau dans le réfrigérant. On note sa température d'ébullition : il suffit de chercher quelle est la division de l'échelle *alcoomètre légal* pour avoir la richesse alcoolique cherchée. De la même façon on a le degré correspondant de la graduation Malligand.

Pour la construction de son appareil, M. Salleron s'est entouré de toutes les précautions expérimentales, et a déterminé sa table des points d'ébullition, spécialement pour l'ébulliomètre auquel elle devait être appliquée et observant les conditions que nous avons énoncées ci-dessus.

Ebullioscope différentiel d'Amagat. — Il comprend deux chaudières, l'une destinée à recevoir l'eau, l'autre le vin ; le contrôle du zéro a lieu ainsi pendant l'opération qui, par ce fait, se trouve abrégée. Deux éprouvettes servent à mesurer l'eau (15^{cc}) et le vin (50^{cc}). Cet appareil ne donne que les $\frac{1}{4}$ de degré. Quand on veut le vider, il faut prendre la précaution de le renverser sans secousses, car, dans le cas contraire, on risquerait fort de séparer la colonne mercurielle, et il est quelquefois difficile de rejoindre les deux parties : on recommande, à cet effet, de retourner l'appareil, de frapper avec la main un coup sec sur le cylindre du côté du thermomètre divisé ; le mercure descend et rejoint la partie divisée. On remet l'appareil sur son pied et tout le mercure entre dans la cuvette.

M. Kopp (1) a observé que l'ébullioscope d'Amagat ne peut

(1) M. Kopp, *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 1888, t. XVII, p. 252.

plus fonctionner dans les lieux élevés, le mercure ne montant plus assez haut dans le thermomètre ; le pas-de-vis étant trop court et la réglette trop longue, il est impossible de prendre le degré du vin. C'est là un simple détail de construction auquel on pourrait remédier avec la plus grande facilité. Mais la critique la plus sérieuse que l'on puisse faire de cet appareil, c'est qu'il est rare de trouver deux thermomètres dont les points fixes se déplacent d'une égale quantité. Si le zéro se déplace dans l'un ou inégalement dans les deux thermomètres, on est sujet à une nouvelle cause d'erreur.

Cet appareil, tout en compliquant les ébullioscopes généralement employés, n'offre d'autre avantage sur ceux-ci qu'une détermination plus rapide ; mais, au lieu d'atténuer les erreurs, il en introduit une nouvelle. Il tend d'ailleurs à disparaître de plus en plus de la pratique.

Ebullioscope Dupré. — Il se compose d'une chaudière verticale à double paroi, d'une contenance de 100 cc. environ. A la partie inférieure, légèrement ovoïde, se trouve un disque de métal destiné à répartir également la chaleur et à chauffer par conductibilité le liquide contenu dans la chaudière. La fermeture de ce récipient est à vis à secteurs interrompus ; de plus, le rebord de la chaudière vient s'appliquer exactement sur une rondelle de caoutchouc encaissée dans le fond du couvercle. Ce couvercle de métal est traversé par un tube venant aboutir dans un réfrigérant, et par la tige d'un thermomètre hypsométrique, dont l'extrémité inférieure pénètre dans la chaudière et est protégée par une carcasse métallique. Une tige de cuivre recourbée formant poignée est soudée au couvercle et supporte tout l'appareil au-dessus d'une lampe à alcool, donnant une flamme d'une hauteur constante. Pour régler l'appareil, on prend le point d'ébullition de l'eau et on note la pression barométrique. La différence entre le point

d'ébullition observé et le point d'ébullition qu'on aurait dû obtenir sous la pression à laquelle on a opéré, représente la correction de l'ébullioscope.

On effectue le dosage de l'alcool en introduisant dans l'appareil 35 cc. de vin qui sont rapidement portés à l'ébullition, on fait la lecture au point où s'arrête la colonne de mercure ; puis, si cela est nécessaire, on fait la correction barométrique de l'appareil ainsi que la correction barométrique donnée par le tableau ci-dessous, et on obtient le point d'ébullition réel correspondant à l'alcool contenu.

CORRECTION BAROMÉTRIQUE

Pression barométrique au moment de la lecture	Correction à effectuer sur le point d'ébullition	à retrancher	Pression barométrique au moment de la lecture	Correction à effectuer sur le point d'ébullition	à ajouter
787	1 ^o 0		757	0 ^o 1	
784	0,9		754,5	0,2	
781	0,8		752	0,3	
779	0,7		749	0,4	
776,5	0,6		746,5	0,5	
774	0,5		744	0,6	
772	0,4		741	0,7	
768,5	0,3		738,5*	0,8	
765,5	0,2		736	0,9	
762	0,1	732	1 ^o 0		
760	0,0				

TABLEAU donnant le degré alcoolique correspondant au point d'ébullition corrigé (1)

		Point d'ébullition correspondant sous une pression de 760mm					
		90°	91°	92°	93°	94°	95°
Dixième de degré		Degré alcool	Degré alcool	Degré alcool	Degré alcool	Degré alcool	Degré alcool
	0	15.35	13.0	11.0	9.3	7.6	6.1
	1	15.1	12.8	10.8	9.1	7.5	6.0
	2	14.85	12.6	10.7	8.9	7.3	5.9
	3	14.6	12.4	10.5	8.7	7.2	5.7
	4	14.4	12.2	10.3	8.6	7.0	5.6
	5	14.25	12.0	10.1	8.4	6.8	5.4
	6	13.9	11.8	9.9	8.3	6.7	5.3
	7	13.7	11.6	9.8	8.1	6.5	5.1
	8	13.45	11.4	9.6	8.0	6.4	5.0
	9	13.25	11.2	9.4	7.8	6.3	4.9

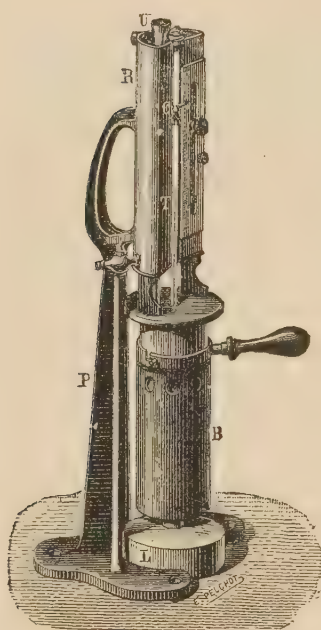
Il est bon de dédoubler les vins riches en alcool et en extrait.

Ebullioscope à bouilleur mobile de Bénévolo. — La figure ci-derrière nous montre l'ensemble de l'appareil. Le thermomètre est droit et à son côté se trouve une échelle mobile divisée en cinquièmes de degré; sur le thermomètre peut se mouvoir un curseur C à deux index et une flèche.

L'originalité de l'instrument consiste dans le genre de fermeture, qui permet au bouilleur de s'adapter au reste de l'appareil par une emmanchure à baïonnette: le fond de ce bouilleur est percé de deux trous réunis entre eux par un petit tuyau de cuivre en arc de cercle aplati et dans lequel le liquide s'introduit pour être d'abord soumis à l'action de la flamme; au-des-

(1) En tenant compte de la correction de l'appareil et de la pression barométrique.

sus du fond, à une petite distance, se trouve une membrane en laiton qui marque le niveau que doit seulement atteindre l'eau dans l'essai du zéro, qui se fait sans eau dans le condenseur ;



quand la vapeur s'échappe par la tubulure U et que le mercure est stationnaire, on amène l'index intérieur de droite en face l'extrémité de la colonne mercurielle ; cet index porte la flèche en face de laquelle on amène l'échelle, de façon à faire coïncider le zéro de cette échelle avec la flèche ; c'est ainsi que l'on opère sur le vin ; mais si l'on a affaire à un mélange d'eau et d'alcool, c'est l'index intérieur de gauche qu'on ajoute en face de la colonne mercurielle, puis l'échelle est ajoutée en face de la flèche.

Le curseur, quoique délicat, est d'une grande commodité, et l'appréciation de l'extrémité de la colonne de mercure se fait très bien ; le degré est donné d'une façon non moins commode.

La fermeture ne nous paraissait pas présenter toutes les garanties nécessaires contre les fuites d'alcool ; cependant, avec l'appareil sur lequel nous avons expérimenté, nous n'avons pas constaté la moindre perte.

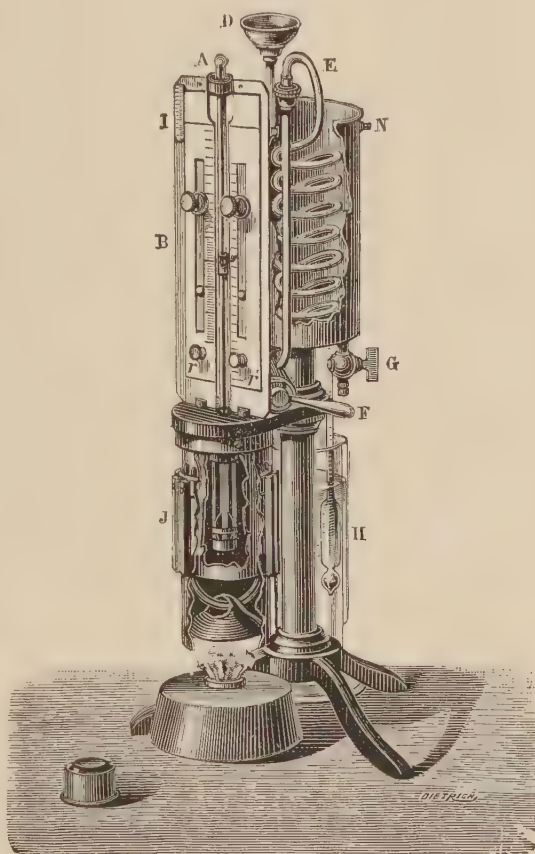
OEnomètre de Rey. — Cet appareil nous représente le premier modèle réunissant, en un seul les deux instruments qui permettent de doser l'alcool par les deux méthodes les plus employées généralement. Il peut, en effet, fonctionner comme ébullioscope et comme alambic : le premier est contrôlé par le second ; le même liquide peut servir pour les deux opéra-

tions. La figure ci-dessous montre la disposition de l'appareil.

La trousse renferme deux thermomètres, l'un servant pour les richesses alcooliques jusqu'à 40°, l'autre pour les richesses de 40 à 100°. En I se trouve une planchette barométrique que l'on règle en mettant en regard du trait O de la planchette le chiffre indiqué par le baromètre.

LÉGENDE

- A. — Thermomètre plongeant dans la chaudière J.
- B. — Support des règles graduées.
- D. Entonnoir du condenseur de l'*Ebullioscope*.
- E. — Serpentin de l'*Alambic*.
- F. — Robinet ouvrant alternativement pour l'*Ebullioscope* ou pour l'*Alambic*.
- G. — Robinet du réfrigérant.
- J. — Chaudière et son enveloppe.
- H. — Éprouvette graduée, son Densimètre et son Thermomètre.
- I. — Planchette barométrique.
- N. — Déversoir du trop plein.
- r. — Planche-règle d'alcool de 1 à 40 degrés.
- r'. — Planche-règle d'alcool de 40 à 100 degrés.



Le point d'eau déterminé, l'on fait fonctionner l'ébullioscope et après cela, par le simple maniement d'un robinet F, on se sert de l'alambic ; le passage est alors ouvert aux vapeurs alcoo-

liques qui passent dans le serpentin pour venir tomber dans l'éprouvette H. L'on reconnaît que tout l'alcool est chassé du spiritueux introduit dans la chaudière, lorsque le thermomètre atteint le point d'eau ; malgré cela, il est prudent de pousser plus loin la distillation pour entraîner par la vapeur d'eau l'alcool qui peut adhérer aux parois intérieures du serpentin.

Malgré tous les avantages que cet appareil puisse présenter, nous lui avons reconnu quelques imperfections. En faisant fonctionner l'instrument comme ébullioscope, il nous est arrivé que l'alcool volatilisé venait se condenser dans l'entonnoir D surmontant le condenseur. D'où il résulte une perte inévitable du liquide volatil qui peut être due à plusieurs causes : le condenseur est représenté par un même tube et il en résulte un refroidissement insuffisant des vapeurs d'alcool qui viennent se condenser en D ; ce tube n'étant pas taillé en biseau dans sa partie donnant accès dans la chaudière, il s'ensuit un excès de pression qui empêche le liquide alcoolique de retomber au sein de la masse dont il faisait partie ; enfin, la lampe elle-même ne représente pas un foyer bien constant, et il peut arriver que l'on amène une volatilisation trop rapide et une surchauffe.

Il nous est également arrivé de constater par la jointure de la chaudière des fuites provenant sans doute des dimensions trop grandes de la vis.

L'on peut concevoir dès lors que les résultats trouvés dans nos expériences soient inférieurs à ceux fournis par les appareils similaires.

L'œnomètre de Rey, malgré ses imperfections, n'en reste pas moins une excellente idée de l'inventeur ; et nous ne doutons pas que l'habileté de son constructeur saura, par quelques modifications heureuses, écarter les différentes causes d'erreur. Et qu'il nous soit permis d'émettre le vœu que l'emploi de cet appareil perfectionné se généralise dans les laboratoires où

l'on voudra obtenir un contrôle sérieux et rapide de l'ébullioscope.

Ebullio-correcteur. — Sur les indications de M. Ch. Girard, M. Chabaud a construit un petit appareil permettant d'obtenir les points d'ébullition de tous les liquides sous une même pression normale.

On réunit, à l'aide d'un tube en caoutchouc, l'extrémité supérieure du tube du réfrigérant des ébullioscopes au tube en T de l'appareil; par la compression d'une poire en caoutchouc et le maniement de robinets, on amène la pression à 760^{mm}, qui est indiquée par un baromètre anéroïde surmontant l'appareil.

Considérations sur les ébullioscopes. — L'emploi de ces appareils, introduit dans l'analyse des vins, s'est répandu chez la plupart des commerçants, où ils jouissent d'une grande faveur. L'opérateur est dispensé de distiller le vin, et il n'a plus de température à prendre pour faire des corrections avec des tables qui se trouvent ainsi supprimées. Une simple lecture sur une échelle graduée suffit.

Les ébullioscopes bien réglés donnent une approximation de 2/10 environ en plus que le titre réel. M. Salleron a expliqué cette action, comme nous l'avons vu plus haut, et par la construction de son ébulliomètre a cherché à supprimer cette erreur; cet appareil, en effet, donne en général un titre inférieur de 1, 2 et quelquefois 3/10 sur les autres appareils similaires.

M. Viard ajoute, de son côté, que certains sels agissent en élevant la température d'ébullition, d'autres en l'abaissant; mais que, par la graduation ou par des échelles empiriques, on arrive à corriger pour la plus grande partie ces erreurs. D'après le D^r Magnier de la Source, les éléments divers qui constituent l'extrait sec du vin, dès que leur poids est supérieur au

poids moyen, abaissent sensiblement la température d'ébullition de ce liquide et faussent les indications des appareils ébulliométriques.

L'erreur ainsi commise ne peut qu'être atténuée par le coupage sans être complètement annulée. Elle est également diminuée dans l'ébulliomètre Salleron par sa graduation particulière, sans être supprimée, car tous les vins n'ont pas 25 gr. d'extrait par litre.

Les variations barométriques desquelles dépend la température d'ébullition sont, à certains moments, très brusques, et il peut arriver ainsi de déterminer le point d'ébullition de l'eau et celui du vin sous deux pressions différentes. C'est là une autre cause d'erreur dont il faut tenir compte, et l'on doit s'efforcer d'effectuer la détermination du point d'eau et celui de l'ébullition de l'alcool sous une même pression.

Les influences barométriques sont d'une grande importance, et des expériences de M. Salleron montrent que, sous les différentes altitudes d'un grand nombre de localités situées en France et où l'impôt des vins se trouve perçu, l'ébullioscope accuse des résultats inexacts, dont l'erreur peut s'élever à 0°6 (1).

L'ébullition vaporise l'alcool qui se condense dans le réfrigérant pour retomber dans la bouilloire ; mais il en reste toujours une petite partie condensée sur les parois du réfrigérant et une autre partie à l'état de vapeur ; en outre, l'alcool qui retombe dans la chaudière ne fait plus totalement partie de la masse primitive du liquide ; théoriquement, dans ces conditions, l'on doit trouver un résultat un peu plus faible.

Il nous a été donné, dans le cours de nos expériences, de remarquer des indications contradictoires pour le même vin,

(1) J. Salleron. — *Etude sur la Température d'ébullition des spiritueux*. — Paris, 1876.

dont la nature est difficilement explicable : en effet, un même vin soumis à l'ébullioscope nous a donné, à plusieurs reprises, des indications différentes qui pourraient provenir du déplacement du 0 dans le thermomètre dont le réservoir, par le travail des molécules du verre, est sujet à des changements de volume, surtout à la suite des refroidissements brusques subis par le verre. De ce fait, la richesse alcoolique se trouvait tantôt diminuée, tantôt augmentée. Le 0 du thermomètre se déplaçant, les indications de l'appareil sont faussées, d'où la nécessité d'un thermomètre dont on peut vérifier facilement les points fixes. C'est ici, d'ailleurs, que l'ébulliomètre de Salleron possède une incontestable supériorité sur les similaires. Son thermomètre gradué à degrés centigrades peut, en effet, être vérifié avec la plus grande facilité.

Les résultats trouvés avec les anciens instruments, soit que la graduation fût défectueuse, soit qu'il y eût des pertes d'alcool, étaient toujours trop forts ; mais les constructeurs sont arrivés aujourd'hui à atténuer les erreurs dues aux différentes causes, sans pouvoir toutefois les annuler complètement.

Il faut avoir la précaution de bien rincer l'appareil ébulliométrique après chaque opération, et, de temps en temps, de faire le lavage de la chaudière avec de l'eau contenant 1 0/0 de potasse ; car il se forme un dépôt de tartre adhérent aux parois qui, d'après M. Viard, *retarde* l'ébullition.

Influence du sucre et des matières extractives. — Cette influence, constatée par Despretz et Thénard, étudiée par Salleron, est très importante. « Les sels et les substances solides dissoutes dans les spiritueux (sucres, tartres, gommés, etc...), » faussent considérablement l'indication de l'ébullioscope ; la » température d'ébullition des spiritueux est déterminée par la » proportion d'eau et d'alcool contenue dans la liqueur, abstraction faite du volume occupé par les sels autant que ces

» derniers ne modifient pas eux-mêmes la température d'ébullition de l'eau » (1).

Il faudrait, pour tirer de l'ébullioscope des nombres absolus, connaître la proportion des sels que les vins essayés contiennent en dissolution ; or, rien n'est plus variable que ces proportions, puisque les analyses publiées par les œnologues accusent, pour les vins des différents crus, des quantités d'extract sec variant entre 20 et 180 grammes par litre.

Influence de l'acide acétique. — Le sucre et les sels de vin abaissent la température d'ébullition, tandis que l'acide acétique l'élève, de sorte qu'on ne peut soumettre à l'ébullioscope des vins ayant subi un commencement de fermentation acide (Salleron).

Si les ébullioscopes ont des avantages, ils ont, on le voit, de nombreux inconvénients. Les uns sont-ils compensés par les autres ? En se plaçant au point de vue scientifique, afin d'avoir un dosage exact, nous devons rejeter ces appareils. La plupart des causes perturbatrices agissent sur les ébullioscopes en leur faisant accuser des richesses alcooliques supérieures à celles des liquides expérimentés. Cependant dans le commerce ils offrent de réels avantages pour la rapidité et la simplicité de leur emploi. En somme, les résultats fournis sont comparables entre eux et assez exacts, à la condition de ne pas demander au dosage une approximation de plus de $2/10^{\circ}$.

(1) C. R. Ac. Sc., t. LXXXII, p. 987, Salleron.

CONGÉLATION

Raoult et Rosetti (1), ont étudié les points de congélation des mélanges hydro-alcooliques.

Poids de l'alcool dissous dans 100 gr. de dissolution	Température de congélation
0	0°
3.85	— 2.63
7.80	— 3.54
9.75	— 4.45
14.4	— 7.35
14.62	— 7.47
19.5	— 12.10

Ces deux expérimentateurs ont trouvé :

1° L'abaissement au-dessous de zéro de la température de congélation, dans les solutions alcooliques, est directement proportionnel à la quantité d'alcool mélangé à l'eau dans les mélanges qui contiennent moins de 10 0/0 d'alcool. Cet abaissement est de 0°45 pour chaque gramme d'alcool contenu dans 100 gram. du mélange :

Dans les mélanges qui contiennent au-delà de 10 0/0 d'alcool, le point de congélation s'abaisse plus rapidement que le poids d'alcool dissous.

Mais il est difficile de se procurer facilement une source de froid, et il est douteux qu'on arrive jamais à fonder sur les températures de congélation un dosage pratique de l'alcool.

(1) C. R., Ac. Sc. t. XC, p. 866 ; t. LXXII, p. 1092.

CHAPITRE V

MÉTHODES BASÉES SUR LES TENSIONS DE VAPEUR

La force élastique ou tension de vapeur des liquides alcooliques a été mise à profit par Plüker pour la détermination de leur richesse. Les instruments employés s'appellent vaporimètres et mesurent la tension du liquide à sa température d'ébullition.

Plüker a obtenu à une température de 98°8 C. les résultats suivants :

Alcool en poids pour cent	Tension en millimètres de mercure
0.00 (par conséquent eau)	754.6
9.87	1044.5
25.08	1286.8
42.84	1422.6
64.08	1544.7
100.00	1670.6

A la suite des expériences de Plüker fut construit le :

Vaporimètre de Geissler. — La partie essentielle de l'instrument est constituée par un petit flacon entouré d'une double enveloppe et dont l'ouverture est tournée vers le bas et dans lequel s'introduit, en le fermant hermétiquement, un tube à deux branches dont la plus longue est fixée sur une lame métallique verticale portant une échelle.

On chauffe au moyen d'une chaudière à eau munie d'une lampe à alcool,

Le liquide est introduit au-dessus du mercure dans le petit flacon. La température est observée au moyen d'un thermomètre plongeant dans la vapeur d'eau.

L'échelle est divisée de telle sorte que son point le plus bas correspond à l'eau pure, et le point le plus élevé à l'alcool absolu ; l'intervalle est divisé en 1000 parties, les indications de chacun des degrés se rapportent, par conséquent, à une richesse alcoolique égale à un dixième pour cent.

Lorsqu'on opère avec des liquides qui contiennent de l'acide carbonique libre, il est nécessaire de combiner et de précipiter celui-ci, et il suffit pour cela de mélanger le liquide avec un peu de chaux caustique en poudre, d'ajouter et de filtrer rapidement. On fera bien d'éviter d'ajouter un excès de chaux. Les liquides alcooliques qui renferment de l'acide acétique donneront des résultats qui ne seront pas tout à fait exacts ; dans ce cas la saturation ne saurait être suffisante parce que les sels en dissolution ont de l'influence sur la force élastique des vapeurs.

L'esprit de vin contenant, par exemple, des sels produit des vapeurs qui ont une tension plus grande que celles fournies, à la même température, par l'esprit de vin pur. Au contraire, le sucre sera sans influence. Mais le rapport entre l'espace où se forme la vapeur et celui qui est rempli par le liquide (lorsqu'on a affaire à des mélanges) paraît aussi avoir quelque influence, tandis que, comme on le sait, cela n'a pas lieu pour les substances pures, par exemple, pour l'eau. Il résulte de là que les indications qui se rapportent au vaporimètre de Geissler ne conviendraient pas pour des instruments auxquels on donnerait d'autres dimensions.

Alcoomètre Perrier (brevet du 24 mars 1879). — C'est à peu près l'appareil Tabarié ; il se différencie des ébullioscopes par l'addition au fond de la chaudière d'une double enveloppe qui

modère l'action de la chaleur de la lampe. Il a le même principe que le vaporimètre :

Il fonctionne comme les ébullioscopes, avec cette différence que le point d'ébullition, au lieu d'être indiqué par un simple thermomètre à mercure, est donné, indépendamment de la pression atmosphérique, par un manomètre sur lequel agit la vapeur d'un liquide volatil, renfermé dans un récipient contenant du mercure.

Pour opérer, on fixe la chaudière au-dessus de la lampe ; le goulot d'une petite bouteille pleine d'alcool à 90° est placé dans la tubulure oblique de la lampe à alcool pour l'alimenter constamment. A l'aide d'une éprouvette jaugée de 30cc., on mesure à peu près le vin que l'on verse dans la chaudière ; on ferme la chaudière au moyen d'un bouchon de caoutchouc portant le manomètre ; on remplit d'eau le réfrigérant et on place dans son tube central une petite tige supportant un miroir, puis on allume la lampe. Au bout de cinq minutes on voit une colonne de mercure s'élever dans le manomètre et s'arrêter. Le moment précis auquel il faut faire la lecture est celui où les vapeurs sortant du petit indicateur viennent se condenser en déposant une légère buée sur le miroir.

On lit le degré marqué par le niveau supérieur de la colonne de mercure. Quand l'opération est terminée, il ne faut jamais coucher le manomètre avant complet refroidissement. De temps en temps, il faut s'assurer que le zéro n'a pas changé en opérant avec de l'eau.

Par la description que nous venons de faire, on voit que cet appareil comporte une grande délicatesse de construction ; et le peu de durée de ses indications certaines l'a fait abandonner. Cependant, d'après M. Vivien, cet instrument donne de bons résultats et peut rendre des services dans un laboratoire.

INFLAMMATION DES VAPEURS D'ALCOOL (1)

On pourrait déduire une nouvelle manière de doser l'alcool en déterminant la température minima à laquelle peut avoir lieu l'inflammation de mélanges d'air et de vapeurs d'alcool.

Les expériences de M. Wartha faites d'après la méthode de Victor Meyer (Dengler, *Polytechn. journal*, 1879, p. 52), ont conduit aux résultats suivants :

Alcool pour 100	Limite de température
8	55°
9	53
10	51
11	50
12	48
15	43

(1) C. R. Ac. Sc. t. XC, p. 1008.

CHAPITRE VI

MÉTHODES BASÉES SUR LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES SE RAPPORTANT AUX SOLUBILITÉS

1^o Procédé basé sur la solubilité du sulfure de carbone dans l'alcool et son insolubilité dans l'eau. — Il est dû à deux chimistes allemands. Si l'on ajoute dans un liquide hydro-alcoolique du sulfure de carbone au moyen d'une burette, les premières gouttes se dissolvent ; mais, aussitôt que la saturation est atteinte, il se forme, par le plus léger excès, un trouble laiteux plus ou moins apparent, mais difficile à apercevoir avec un liquide coloré, le vin par exemple.

La température a, d'ailleurs, une grande influence sur ce dosage, car la solubilité varie dans des limites considérables.

2^o Méthode Carpené. — Elle est basée sur l'insolubilité des résines et des huiles essentielles dans l'eau et sur leur solubilité dans l'alcool. On sait qu'en versant de l'eau dans la solution alcoolique d'une essence, il se produit un trouble qui a besoin, pour se former, d'une quantité d'eau d'autant plus grande que la solution contient plus d'alcool.

Partant de ce principe, le D^r Carpené a déterminé une solution type d'alcool à 70° à la température de 15°C, avec moitié pour cent d'essence de térébenthine. On fait tomber goutte à goutte le liquide alcoolique à analyser dans 10^{cc} de cette solution, jusqu'à ce qu'elle devienne opaque. Observant alors le

nombre de centimètres cubes employés et la température à laquelle s'est faite l'opération, on détermine, au moyen d'une table construite à ce sujet, le titre alcoolique de la solution.

Les déterminations du degré alcoolique de plusieurs vins faites par M. Carpené en employant sa méthode lui ont donné des chiffres qui ne varient pas sensiblement de ceux qu'il avait obtenus avec le picnomètre, etc.

3° *Procédé Fleury* (1). — Un mélange de 4 vol. d'alcool amylique et de 1 vol. d'éther absorbe l'alcool du vin et réduit d'autant le volume primitif.

On prend un tube gradué en dixièmes de centimètres cubes, on y verse 5^{cc} de vin, puis 10^{cc} du mélange précédent, on agite vivement, et, après quelques minutes de repos, le liquide se sépare en deux couches. On lit le volume occupé par la couche supérieure, et on sait combien celui du vin a diminué. Cette diminution est proportionnelle au volume d'alcool.

Le mélange employé à cet essai dissout beaucoup d'autres substances contenues dans les vins, et le volume n'est plus constant.

Quand on essaie des eaux-de-vie de 25° à 42°, on opère en prenant des volumes égaux; pour les eaux-de-vie titrant plus de 42°, il faut étendre d'eau.

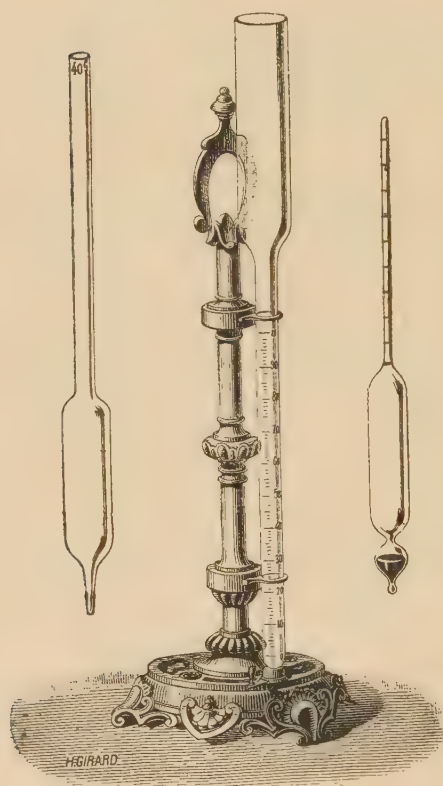
L'opération doit se faire à 15°; une table est nécessaire.

4° *Vino-alcoomètre Andrieu* (2). — L'appareil se compose d'un support, d'un tube gradué avec son bouchon en caoutchouc, d'un thermomètre avec son disque en liège, d'une pipette de 40 cc., d'un entonnoir, d'une éprouvette, d'un den-

(1) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, t. XXVI, p. 32.

(2) *Instruction pour l'emploi du vino-alcoomètre Andrieu*. — J. Nicloz, Paris.

simètre, d'un tableau graphique et d'une provision de boîtes de sulfate d'ammoniaque (1) (28 gr. de sel par boîte).



On verse 40 cc. de vin dans le tube gradué où l'on ajoute une boîte de sel, et, tenant le tube bouché des deux mains par les deux extrémités, on l'agite pendant 36 fois pour obtenir la dissolution dans des conditions identiques. La plupart des corps possèdent, en effet, des solubilités très différentes dans l'eau et l'alcool; le sel marin est soluble dans l'eau, mais insoluble dans l'alcool. Plus le vin est alcoolique, moins il dissout de sel. La hauteur dans le tube du corps non dissous indique le degré d'alcool.

Il faut faire une correction suivant la température à laquelle la dissolution s'opère; le degré de l'alcool est donné par le tableau graphique qui tient compte de la hauteur du sel et de la température du liquide.

Ces diverses méthodes ne sont pas employées pour la détermination pratique du degré alcoolique; nous n'avons pas eu l'occasion de les employer et de déterminer leur limite de sensibilité.

(1) M. Viard indique à tort le sel marin.

CHAPITRE VII

MÉTHODE BASÉE SUR LES INDICES DE RÉFRACTION

C'est au professeur Amagat que l'on doit l'idée d'avoir eu recours à ce procédé pour doser l'alcool dans un mélange hydro-alcoolique. Il a construit à cet effet le réfractomètre qui porte son nom.

Gladstone et Dales ont démontré :

1° Que l'énergie réfractive spécifique d'un corps $\frac{n-1}{d}$ est une constante ;

2° Que l'énergie réfractive d'un mélange est la somme des énergies réfractives de ses constituants.

Prenons un mélange hydro-alcoolique contenant $\frac{x}{100}$ d'alcool,

ayant n pour indice et d pour densité ; la relation

$$100 \frac{n-1}{d} = \frac{n'-1}{a} x + \frac{n''-1}{e} (100-x)$$

ou n' et n'' représentent les indices de réfraction de l'alcool et de l'eau, donne

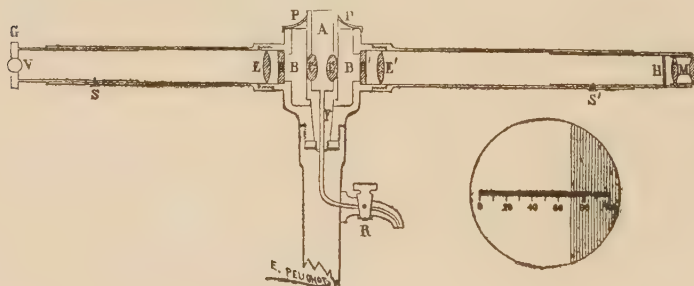
$$x = \frac{100 \left(\frac{n-1}{d} - \frac{n''-1}{e} \right)}{\frac{n'-1}{a} - \frac{n''-1}{e}}$$

Connaissant les énergies réfractives spécifiques de l'eau et de l'alcool, on détermine celle du mélange.

On sait que l'indice de réfraction des mélanges hydro-alcooliques varie avec la quantité d'alcool contenue et proportionnellement à cette quantité. Se basant sur ces principes, Amagat construisit son appareil et prit un brevet le 3 juin 1885.

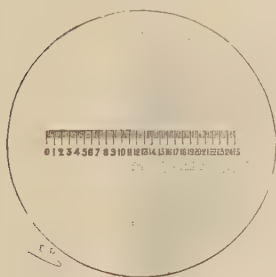
Réfractomètre Amagat. — Pour comprendre plus facilement la construction de cet instrument, reportons-nous à la figure ci-dessous : le prisme est formé par deux glaces C et C' mastiquées dans les parois du cylindre métallique A et sous un angle convenable. Le mélange hydro-alcoolique sera versé dans ce cylindre. Cette première cuve est placée au centre d'une deuxième cuve cylindrique où aboutissent deux tubulures opposées et fermées par deux glaces D et D' parallèles. L'espace annulaire BB est rempli d'eau. Les deux tubulures se trouvant dans le prolongement l'une de l'autre, celle de gauche GE un collimateur ; celle de droite ME' une lunette.

La déviation du rayon lumineux sera donc la différence des déviations produites par les liquides introduits en A et en B. Les deux liquides étant identiques, la déviation sera nulle et l'appareil marquera 0 à condition que la température en A et en B soit la même.



Avant d'opérer on réglera d'abord l'instrument au 0 en introduisant de l'eau dans les deux cuves ; au moyen de deux vis de pression V qui déplacent horizontalement le réticule du

collimateur G, on amène l'image de ce réticule sur le zéro d'une échelle transparente H, placée devant l'oculaire de la lunette. L'on fixe dans cette position. En S et S' sont deux petites vis qui servent au constructeur à régler la position du collimateur et de l'échelle H pour que l'instrument donne des indications exactes. En P P se trouve un couvercle mobile couvrant la partie annulaire ayant pour but d'empêcher le mélange du liquide que l'on verse en A avec l'eau de B B. Au lieu d'un réticule, le constructeur a placé en G un volet mobile à bord vertical dont l'image sépare le champ lumineux en deux parties: l'une éclairée, l'autre obscure.



On remplace l'eau de la cuve A par le mélange hydro-alcoolique. (Si l'on a affaire à un mélange complexe, vin, bière, etc., on distillera préalablement au moyen de l'alambic, et à ce sujet Amagat avait construit un alambic spécial.)

Quand l'équilibre de température a lieu, on place l'œil en O, et, après avoir mis au point en éloignant ou en rapprochant l'oculaire, on aperçoit un champ obscur et l'autre éclairé, la ligne de démarcation verticale coupe l'échelle horizontale et graduée en 25 divisions (1) en un point qui servira d'indication pour l'obtention du degré alcoolique. Soit 20 le nombre de divisions lu et se trouvant dans la partie éclairée, on se reporte à la table de correspondance et nous lisons 12,4 comme richesse alcoolique.

L'appareil a été gradué pour la température de 15° ; et, quand on opérera à une température différente, il faudra faire une correction donnée par des tables spéciales.

(1) L'appareil qui a servi à nos déterminations porte 100 divisions.

La lecture au réfractomètre doit autant que possible être faite en tenant un verre rouge (coloré par l'oxyde de cuivre) devant l'orifice du collimateur ; outre qu'on évite ainsi les effets d'irisation, le degré lu peut se trouver sensiblement modifié si on néglige cette précaution. (Il en est de même pour le réglage du zéro.)

Cet appareil, que nous avons eu entre nos mains, exige peu de liquide et permet plusieurs déterminations successives et rapides ; il nous a donné de bons résultats. D'ailleurs les opérateurs qui s'en sont servis ou qui l'ont vu fonctionner sont unanimes à reconnaître qu'il donne d'excellentes indications. Il est malheureusement d'un prix trop élevé ; mais il présente sur l'alcoomètre l'avantage de permettre d'opérer avec quelques centimètres cubes du mélange hydro-alcoolique.

MÉTHODE COLORIMÉTRIQUE

Procédé Morell (1).— Un sel de cobalt se colore en bleu intense, au contact d'une solution alcoolique de sulfocyanate d'ammoniaque. Si on y verse de l'eau peu à peu, l'intensité de la teinte diminue jusqu'à décoloration complète.

L'introduction d'une nouvelle quantité d'alcool ramène la couleur bleue, et l'intensité de la coloration est constante pour une même proportion d'alcool.

Morell en conclut qu'un essai au colorimètre peut donner la richesse d'une solution alcoolique.

Pour les vins, cette méthode ne saurait être applicable à cause de leur coloration naturelle.

(1) *American Chemist*, t. VI, p. 370, 1878.

CHAPITRE VIII

MÉTHODE PHYSICO-CHIMIQUE

Le procédé Roubertie, que nous allons décrire, est basé sur la perte de poids que subit un liquide hydro-alcoolique, lorsqu'on volatilise l'alcool, la source calorifique étant produite par l'hydratation d'une substance que l'auteur appelle poudre *alcoo-fuge* et qui a pour base la chaux-vive (1).

Pèse-degrés Roubertie. — L'appareil construit par M. Roubertie se compose d'une balance sensible constituée par une colonne démontable, supportant un fléau surmonté d'une réglette à divisions et subdivisions en dixièmes, le long de laquelle peut être mû un curseur; un contre-poids, que l'on suspend à l'extrémité du fléau, correspond au 0 de la réglette; une tige-support à deux branches se place à l'autre extrémité du fléau.

Un godet, muni de boutons latéraux, qui permettent de le suspendre à la tige-support, contient un obturateur-passoire mobile reposant sur un refoulement de ses parois. Ce godet est

(1) L'analyse que nous en avons faite nous a décelé un mélange à parties égales de chaux anhydre et de silice.

muni d'un couvercle. Une bouteille métallique est destinée à contenir une certaine quantité de matière nécessaire aux essais, et un tube traversant un bouchon en caoutchouc permet de verser cette matière dans le godet.

Une pipette à deux traits et un poids supplémentaire sont joints à l'appareil.

La balance étant montée, le curseur amené au zéro de la réglette, on extrait du godet, débarrassé de son couvercle, l'obturateur-passoire; on verse bien au milieu du godet, en évitant de mouiller les parois, la quantité du liquide à essayer comprise entre les deux traits de la pipette. On remet d'aplomb l'obturateur-passoire dans le godet; on porte sur la balance; on verse dans le godet de la matière que M. Roubertie nomme *alcoofuge*, jusqu'à équilibre parfait. En ce moment, l'aiguille du fléau coïncide avec la rainure du bouton qui est en avant de la colonne. On sort alors le godet et le tenant de la main gauche par les boutons, on soulève doucement la tige de l'obturateur-passoire, de manière que l'alcoofuge tombe régulièrement dans le liquide. Il y a échauffement très vif; au bout de 6 à 7 minutes tout l'alcool est expulsé. Le godet étant reporté sur la balance, on fait monter le curseur sur la réglette jusqu'à ce que l'équilibre, détruit par l'élimination de l'alcool, soit rétabli. La lecture, en ce point, sur la ligne supérieure de la réglette du nombre de degrés et de dixièmes, s'il y a lieu, est le degré alcoolique cherché.

Pour les liquides au-dessus de 15° jusqu'à 30° ou trop sucrés, on dédouble ou on détriple, suivant la teneur en sucre.

Pour les liquides au-dessus de 30°, on dédouble; mais, en plus du curseur ordinaire, on place le poids supplémentaire dans la rainure du bouton de la réglette qui se trouve près du zéro.

L'opération terminée, on transporte le poids supplémentaire

dans la rainure du bouton opposé. On achève de rétablir l'équilibre en faisant marcher le curseur ordinaire. Le degré se lit alors sur la ligne inférieure des chiffres.

Nous avons eu cet appareil entre les mains et nous avons constaté qu'il donne de bons résultats pour les vins ordinaires dont le degré alcoolique est compris entre 7 et 15°.

EXPÉRIENCES ET CONCLUSIONS

L'étude que nous venons de faire nous montre qu'il existe de nombreuses méthodes pour doser l'alcool. Toutes n'ont pas la même valeur ou la même commodité. Nous nous proposons, dans ces conclusions, de faire ressortir, en opérant une sélection, les avantages et les inconvénients de ces divers procédés que nous comparons entre eux.

I. — *Mélanges hydro-alcooliques*

Pour doser l'alcool mélangé à l'eau, le moyen le plus scientifique est sans contredit celui qui emploie le flacon à densité, et qui donne rigoureusement la densité du mélange. Cette manipulation ne peut être faite que par des personnes très au courant des expériences du laboratoire.

Il est à remarquer que les tables des richesses en alcool, des mélanges hydro-alcooliques ne donnent la densité que de degré en degré. Il nous a paru intéressant et utile de déterminer les densités des mélanges hydro-alcooliques de dixième en dixième de degré. Pour cela nous avons fait, selon la méthode de Gay-Lussac, des mélanges d'eau et d'alcool de deux dixièmes en deux dixièmes (pour les dixièmes impairs), les dixièmes pairs étant le résultat de l'interpolation. Nous avons déterminé les densités pour les richesses comprises entre 7 et 15°8. Nous avons pris un alcool parfaitement pur et rectifié sur du sodium ; sa densité était de 0,79435.

Le flacon dont nous nous sommes servi contenait à la température de 15° C., 76 gr. 341 d'eau distillée.

Le tableau ci-après indique les nombres que nous avons trouvés.

7°0	0,99030	10°0	0,98670	13°0	0,98330
1	99018	1	98658	1	98319
2	99006	2	98646	2	98308
3	99098994	3	98634	3	98297
4	98982	4	98622	4	98286
5	98970	5	98620	5	98275
6	98958	6	98598	6	98264
7	98946	7	98586	7	98263
8	98934	8	98574	8	98242
9	98922	9	98562	9	98231
8°0	0,98910	11°0	0,98550	14°0	0,98220
1	98897	1	98539	1	98209
2	98884	2	98528	2	98200
3	98872	3	98527	3	98189
4	98858	4	98506	4	98180
5	98846	5	98495	5	98170
6	98832	6	98483	6	98160
7	98820	7	98472	7	98150
8	98806	8	98461	8	98140
9	98794	9	98450	9	98130
9°0	0,98780	12°0	0,98440	15°0	0,98120
1	98769	1	98440	1	98110
2	98758	2	98418	2	98100
3	98747	3	98407	3	98090
4	98736	4	98396	4	98080
5	98725	5	98385	5	98070
6	98714	6	98374	6	98060
7	98703	7	98373	7	98050
8	98692	8	98352	8	98040
9	98681	9	98341		

Etude comparative de quelques méthodes les plus employées.

— Nous donnons sous forme de tableau les résultats de nos expériences effectuées sur quatre échantillons d'un mélange hydro-alcoolique renfermant 5, 10, 15, 20 cc. d'alcool absolu par 100 cc. Nous avons pris ces chiffres qui comprennent tous les degrés alcooliques des vins naturels. Nos mélanges ont été faits avec toutes les précautions indiquées par Gay-Lussac en

prenant un volume déterminé d'alcool absolu à 15° C et portant à 100 cc. avec une quantité suffisante d'eau distillée, le mélange obtenu étant finalement à 15°.

RICHESSES ALCOOLIQUES VRAIES	DENSITÉS OBTENUES PAR		RICHESSES correspondantes	Alcoomètre GAY-LUSSAC	Réfractomètre AMAGAT	Liquomètre MUSCULUS	Vinomètre DELAUNAY
	FLACON A DENSITÉ	BALANCE aréothermique					
5	0,9927	0,992	5	5,0	5	7°	6°
10	0,98652	0,986	10	10,0	10,1	12	12
15	0,981	0,981	15	15,0	15,75	16	16
20	0,9759	0,975	20	20,4	20,05	23	23

Flacon à densité. --- Cet instrument nous a servi à vérifier l'exactitude de nos mélanges ; les résultats trouvés sont sensiblement identiques avec ceux que nous avons publiés dans le tableau précédent.

Balance aréothermique. --- L'instrument dont nous disposons ne nous a permis de déterminer exactement que trois décimales, la quatrième étant toujours douteuse, ce qui tient à ce que cet appareil sert depuis longtemps aux travaux pratiques de physique et a perdu beaucoup de sa sensibilité primitive.

Alcoomètre. --- Cet instrument est celui qui sert le plus souvent aux déterminations alcoométriques. Son emploi donne d'excellents résultats, et il n'est pas d'une difficulté telle que tout opérateur un peu exercé ne puisse évaluer l'alcool à deux dixièmes si ce n'est à un dixième de degré près. Il y a lieu, toutefois, de faire observer que tous les alcoomètres que l'on rencontre dans le commerce n'ont pas une égale valeur, et avec des instruments non contrôlés nous avons trouvé jusqu'à un demi-degré en plus ou en moins. Par contre, les troupes alcoométriques contrôlées que nous avons pu nous

procurer dans divers laboratoires nous ont toujours donné des résultats très concordants.

Réfractomètre d'Amagat. — Le réfractomètre d'Amagat, tout en exigeant fort peu de liquide, nous a donné une approximation suffisante. La détermination du degré alcoolique se fait avec beaucoup de facilité. L'instrument dont nous disposions porte une graduation empirique et des tables fournissent la correspondance, non seulement en alcool, mais encore donnent la teneur de substances diverses : acides, oxydes, sels, substances organiques, réactifs divers, etc., ce qui en fait un instrument qui pourrait rendre de grands services au pharmacien. Son prix, malheureusement trop élevé, l'empêchera de rentrer dans la pratique courante.

Aréomètre de Baumé. --- L'on a publié des tables de correspondance des degrés Baumé en degrés Gay-Lussac. L'on peut également, étant donné le degré Baumé, trouver la densité en fonction du module, et, par suite, la richesse alcoolique.

Ces procédés peuvent être fréquemment employés par le pharmacien qui se sert couramment dans son officine de l'aréomètre pour liquides moins denses ou pèse-éther. Il était donc intéressant d'effectuer quelques expériences comparatives avec ces instruments. Nous avons opéré sur douze aréomètres du laboratoire ou des travaux pratiques, modèle des aréomètres commerciaux ; nous donnons les résultats fournis par trois d'entre eux, ce qui permettra de montrer suffisamment combien ces appareils sont inexacts.

	Degré aréométrique trouvé			Degré alcoolique correspondant		
	I	II	III			
Alcool à 50/0	11,5	11,5	11,25	7°5	7°5	6°25
10	12,25	11,75	11,25	11°75	8°75	6°25
15	13	12	11,50	17°0	10°	7°5
20	13,5	»	»	20°	»	»

Appareils capillaires. — Le liquomètre de Musculus, le vinomètre de Delaunay, nous ont donné des richesses alcooliques bien différentes des richesses vraies. Il suffit en effet de la moindre trace d'un corps étranger au liquide pour fausser les résultats ; et, si théoriquement ces appareils sont exacts, dans la pratique il n'en est malheureusement pas de même, ce qui est regrettable ; car la rapidité avec laquelle on peut faire une détermination en aurait fait les appareils pratiques par excellence ; et nul doute que, si les résultats donnés étaient satisfaisants, ce seraient actuellement les appareils les plus employés.

Ebullioscopes. — Dans le cas qui nous occupe les ébullioscopes n'offrent aucun avantage, et, au lieu d'abrégier l'opération, ne font que la compliquer ; en effet ces instruments, employés spécialement pour le dosage de l'alcool dans les vins, nécessitent deux opérations différentes : la détermination du point d'ébullition de l'eau et ensuite celle du point d'ébullition de l'alcool. L'alcoomètre leur est bien supérieur, soit par son exactitude, soit par la rapidité de l'opération.

La richesse alcoolique donnée par le Malligand pour les mélanges hydro-alcooliques est plus faible que la richesse réelle. C'est ce qui ressort du tableau ci-dessous :

Richesses alcooliques vraies	Degré Malligand
5	4.8
10	9.9
15	14.8
20	19.7

Il semblerait que le constructeur n'a pas opéré sur des mélanges hydro-alcooliques. A l'inspection seule de la graduation, on constate des irrégularités dans l'espacement des divisions ; on n'a, d'ailleurs, qu'à observer l'espace compris

entre le 15° et le 16° degré, ainsi que celui compris entre 11 et 12, et les comparer avec les espacements voisins (1).

Les lois de l'ébullition ne font pas prévoir ces irrégularités et nous pensons qu'il y aurait lieu de remanier l'échelle Malligand.

VINS ORDINAIRES

La détermination pratique du degré alcoolique des vins ordinaires a été le point de départ de ce travail ; c'est pour-quoi nous avons fait de nombreuses expériences sur ce sujet.

Nous avons indiqué, dans l'introduction, l'importance commerciale et financière qui s'attache à la détermination exacte du degré alcoolique ; nous n'y reviendrons pas : nous dirons seulement que cette partie de notre étude a porté entièrement sur des vins du Narbonnais et de l'Hérault, récolté par nous ou par des propriétaires consciencieux, qui transforment purement et simplement en vin le moût de leurs raisins, sans addition aucune, et qui peuvent inscrire sur leurs fûts la devise : « franc et naturel ».

(1)	de 10° à 11°	6 ^{mm} 955
	» 11° à 12°	5 ^{mm} 455
	de 12° à 13°	6 ^{mm} 685
	de 14° à 15°	4 ^{mm} 475
	» 15° à 16°	4 ^{mm} 07
	» 16° à 17°	5 ^{mm} 20

Les mesures ont été effectuées à la machine à diviser sur l'échelle de l'appareil Malligand, grand modèle, n° 5071. Nous avons constaté des irrégularités sur tous les appareils Malligand que nous avons eus à notre disposition.

Nous avons appliqué les diverses méthodes de dosage à une centaine d'échantillons ; il serait trop long ici de reprendre tous les résultats de nos expériences, leur exposé en serait trop long et fastidieux ; nous indiquerons les plus intéressants, que nous grouperons, suivant leur origine, en vins de coteaux et vins de plaine, ce qui est la grande division commerciale des vins du Midi. Nous examinerons aussi quelques vins de vignes submergées.

Dans cette étude nous avons pris, comme point de comparaison, le degré alcoolique déterminé par distillation à l'alambic Salleron, en employant un alcoomètre contrôlé reconnu exact dans nos premières expériences sur les mélanges hydro-alcooliques. Nous donnons en même temps que les nombres fournis par divers appareils le poids de l'extrait sec à 100°, car les divergences observées sont dues pour la plupart à l'influence des matières dissoutes en proportions variables avec chaque échantillon, quand les causes d'erreur ne proviennent pas d'influences extérieures variables avec chaque instrument, et que nous nous sommes efforcé de signaler dans la première partie de ce travail.

Nous dirons des vins ordinaires ce que nous avons dit à propos des mélanges d'eau et d'alcool.

Le procédé le plus exact consiste à isoler l'alcool du vin par distillation et à le doser par les méthodes citées précédemment : flacon à densité, alcoomètre, réfractomètre...

La distillation rendant l'opération assez longue et assez délicate, l'on utilise d'autres appareils : les ébullioscopes et les ébulliomètres. On opère avec eux de la façon la plus simple. Ici pas de tables à consulter, pas de correction à faire, et dans des mains peu expérimentées ils donnent une approximation suffisante pour le commerce. On obtient généralement avec eux une richesse alcoolique de 0,2 plus forte que la richesse réelle.

L'ébulliomètre de Salleron forme un genre à part ; nous en avons cité les raisons plus haut. Il donne une richesse se rapprochant beaucoup de celle donnée par la distillation et différant de 2 à 3 dixièmes environ de celle donnée par l'ébullioscope Malligand.

L'ébullioscope de Bénévolo dose l'alcool avec une approximation plus grande que le Malligand.

La théorie sur laquelle sont basés le liquomètre de Musculus, le vinomètre de Delaunay, nous faisait entrevoir une grande rigueur dans le dosage de l'alcool par ces appareils ; mais la sensibilité même de la méthode peut être détruite avec une grande facilité : la moindre trace de mucosité ou de matière grasseuse dans le tube capillaire suffit pour fausser les résultats de plusieurs degrés.

Nous avons effectué un très grand nombre d'expériences ; nous donnons dans le tableau ci-après un certain nombre d'entre elles, mais nous pouvons dire que les résultats fournis par le plus grand nombre sont analogues à ceux que nous publions.

N ^{os} des ÉCHANTILLONS	Distillation par l'alambic Salleron alcoolmètre contrôlé	Réfractomètre Amagat	Ebulliomètre Salleron	Ebullioscope Malligand	Bénévolo	Enomètre Rey		Liquomètre Musculus	Vinomètre Delaunay	Pèse-degrés Roubertie	EXTRAIT SEC
						Distillation	Ebullioscope				
Vin de Coteau											gr. cg.
1	9,25	9,3	9,2	9,5	9,3	8,9	9	12	13	9,1	21,09
2	11,15	11,3	11,15	11,3	11,2	10,8	11,0	12	14	11,0	25,12
3	10,2	10,1	10,25	10,3	10,3	10,0	10,0	11	12	10,25	24,33
4	12,0	12,0	11,95	12,2	12,2	11,5	11,8	14	13	»	26,27
Plaine											
5	8,8	8,7	8,85	9,1	8,9	8,85	8,9	10	10	9,0	19,51
6	8,6	8,4	8,7	9	8,8	8,65	8,8	»	»	»	18,9
7	8,7	8,7	8,8	9,1	8,9	8,72	8,8	»	»	»	18,83
8	9,0	9,0	9,1	9,3	9,2	8,95	9,2	»	»	»	21,76
9	7,9	»	8,0	8,1	8,0	»	»	»	»	»	20,075
Plaine submergée											
10	7,2	»	7,15	7,4	7,3	»	»	»	»	»	19,2
11	8,0	8,1	8,1	8,2	8,2	8,1	8,2	»	»	»	»
12	7,7	»	7,8	7,9	7,8	»	»	10	9	8,0	20,31
Plaine inondée											
13	7,4	7,2	7,35	7,5	7,5	»	»	»	»	»	»
14	7,0	6,9	7,1	7,2	7,1	»	»	8	8	»	18,0
15	7,5	7,8	7,65	7,8	7,7	7,4	7,4	»	»	7,65	18,5

VINS SUCRÉS

L'étude des vins sucrés n'est pas sans intérêt, bien que ces vins ne constituent qu'une partie relativement faible de la production totale. C'est qu'en effet, ils ne servent guère que comme vins de dessert; aussi, leur vente ne se fait-elle que par petites quantités.

Cependant, le Midi possède des crus renommés; les muscats de Frontignan et de Lunel, dans l'Hérault, atteignent des prix très élevés. Il faut, cependant, reconnaître que le bouquet de ces vins prime le degré alcoolique, et que la détermination de celui-ci a moins d'importance que pour les vins du commerce.

Nous avons cru, cependant, qu'il était intéressant et utile de

rechercher quelles étaient les méthodes qui pourraient donner les meilleurs résultats.

Il ressort de nos expériences que le choix des méthodes pour le dosage de l'alcool dans les spiritueux contenant du sucre n'est pas considérable (1). On doit toujours employer les méthodes par distillation. Nous avons expliqué dans nos considérations sur les ébullioscopes l'influence du sucre sur les indications données par ces instruments : la présence du sucre, en effet, abaisse la température d'ébullition du vin et donne par suite une richesse alcoolique plus forte ; c'est ce qui ressort des essais que nous avons effectués.

Alambic Salleron	Réfractomètre Amagat	Malligand	Ebulliomètre Salleron	Pèse - degré Roubertie
13,1	13°	16°	15,3	13°
12,1	12,5	15,6	14,9	11,9

Le réfractomètre Amagat peut être utilisé.

Le pèse-degré Roubertie donne aussi de bons résultats.

VINS VINÉS

L'alcool contenu dans les vins vinés est dosé de la même façon que dans les vins ordinaires. Ces vins, généralement destinés à l'exportation, sont vinés en présence d'employés de la régie, en versant une certaine quantité d'alcool dans le fût déjà presque plein du vin ordinaire. On roule les fûts plusieurs fois

(1) Les méthodes directes densimétriques et aréométriques sont complètement faussées, par suite de l'augmentation de densité due aux glucoses qui se trouvent en dissolution. Il en est de même pour les méthodes ébulliométriques, et pour celles qui sont fondées sur les lois de la capillarité, les indices de réfraction, etc.

sur eux-mêmes et on en prend la richesse alcoolique immédiatement. Il nous a été présenté des échantillons de ces vins pris dans ces conditions; ils nous ont été signalés comme ayant une certaine richesse alcoolique, mais, pour les nombreux échantillons que nous avons examinés, nous avons généralement trouvé une richesse alcoolique notablement inférieure à celle qui nous était signalée, comme le prouve le tableau comparatif ci-dessous extrait de nos nombreux essais.

	Richesse donnée	Alambic Salleron	Malligand	Ebulliomètre Salleron	Bénévolo	Réfract ^{re} Amagat
1	13,1	9,5	9,7	9,5	9,6	
2	13,3	12,8	13	12,7	12,9	12,7
3	14	12	12,5	11,9		
4	13,2	10,4	10,9	10,8		10,9

VINS MOUILLÉS

Nous n'avons pas remarqué pour ces vins des faits particuliers. Ils rentrent dans la même catégorie que les vins ordinaires, pour le dosage de l'alcool.

VINS PIQUÉS

Pour démontrer l'influence de l'acide acétique sur le dosage de l'alcool, nous avons opéré un grand nombre d'expériences sur des vins piqués; nous en avons déterminé la richesse alcoolique avant et après neutralisation par la soude caustique.

Distillation avant neutralisation	Distillation après neutralisation	Ebullioscope Malligand	Ebulliomètre Salleron
10,85	10,9	10,6	10,5
6,2	6,3	6,6	6,45
11,2	11,5	11,9	11,45

L'acide acétique fausse les résultats ; la richesse alcoolique est trop faible quand on opère sur des vins non neutralisés.

ABSINTHES

La détermination du degré alcoolique des absinthes peut offrir une certaine difficulté en raison de la quantité de matières extractives et des essences qu'elles contiennent. Ces deux principes peuvent avoir une certaine influence sur l'alcoomètre si on prend la richesse alcoolique directement avec celui-ci. L'extrait augmente la densité des absinthes et diminue, par conséquent, la richesse alcoolique ; les essences, au contraire, moins denses que l'alcool augmentent la richesse alcoolique. Il peut donc y avoir, de ces deux côtés, une certaine compensation. Il nous a également paru intéressant de savoir quelle était l'influence de l'extrait et des essences sur le réfractomètre.

D'un autre côté, nous avons cherché à enlever les huiles essentielles contenues dans les absinthes. Pour cela, nous avons pris une quantité déterminée d'absinthe, nous en avons précipité les essences par l'eau distillée, et nous avons ajouté de l'huile qui a eu pour but de dissoudre les essences sans se dissoudre dans l'alcool. Nous avons décanté l'huile surnageante, et nous avons recueilli l'alcool par distillation.

Nous donnons ci-dessous le tableau comparatif de nos résultats :

Alcoomètre directement	Distillation directe	Distillation après séparation des essences	Réfractomètre directement	Malligand
64°	63°9	63°7	63°7	64°4
52,7	52,8	52,7	52,7	52,4
44,5	44,8	44,55	44,3	44
59,9	59,8	49,9	59,7	58,4
48,6	48,4	48,5	48,25	

L'on voit par ces quelques résultats, qui sont un extrait de nos nombreux essais, que l'alcool des absinthes peut être dosé très approximativement sans tenir compte des matières en dissolution et employer directement l'alcoomètre.

Quand on enlève les essences aux absinthes au moyen de l'huile, il s'émulsionne toujours une certaine quantité de cette dernière qu'il faudra toujours soumettre à la distillation.

L'éther de pétrole pourrait être indiqué pour la dissolution des huiles essentielles, mais il s'en dissout toujours un peu dans l'alcool fort et passe ensuite à la distillation. Il a en outre l'inconvénient de dissoudre un nombre assez restreint d'essences.

Le chloroforme, le sulfure de carbone dissolvent également les essences sans se dissoudre dans l'alcool, mais ils passent à la distillation.

Si l'on avait affaire à des essences à fonction aldéhydique, l'emploi du bisulfite de soude serait tout indiqué ; le nouveau corps qui en résulte, l'aldéhyde bi-sulfite n'est pas volatil, et il ne passe à la distillation que de l'alcool.

TEINTURES PHARMACEUTIQUES

Nous avons pensé qu'il n'était pas sans intérêt de rechercher un moyen de déterminer rapidement et avec une exactitude suffisante le degré alcoolique des teintures employées en pharmacie. Pendant longtemps, le pharmacien a préparé lui-même ses médicaments ; mais il faut reconnaître qu'actuellement un assez grand nombre de praticiens achètent, à des maisons spéciales, un grand nombre de préparations parmi lesquelles les teintures. La raison en est sans doute à ce fait que les voyageurs offrent ces produits à des prix bien inférieurs au prix de revient, et peut-être la raison en est, pour les teintures en particulier, à ce que le pharmacien paie sur l'alcool qui

rentre dans son officine des droits très élevés, tandis que les grandes maisons, qui emploient des quantités considérables de ce liquide, le font dégrever, puisque les produits pharmaceutiques alcoolisés ne paient pas de droit.

Il en résulte que le pharmacien, achetant ses teintures, doit pouvoir vérifier si elles ont été préparées avec l'alcool au degré nécessaire ; car le Codex spécifie nettement le degré de l'alcool qui doit être employé pour chaque teinture, et dans cette indication l'on a tenu compte de la solubilité des substances actives qu'il était important de dissoudre.

Les méthodes densimétriques ne peuvent donner des résultats exacts, puisque les teintures sont des solutions fort complexes, renfermant un grand nombre de substances les plus variées. Il est certain, cependant, qu'elles indiqueront un titre alcoolique d'autant plus exact, que la teinture renfermera moins de substances solides dissoutes, c'est-à-dire d'extrait, et c'est pour cela que, dans le tableau ci-dessous, nous donnons le poids de l'extrait sur les teintures sur lesquelles nous avons opéré. Ces nombres varient sans doute avec les différents échantillons d'une même teinture. Il y a lieu, cependant, de prévoir que les extraits ne varient que de quelques grammes, si toutes les teintures examinées ont été préparées en suivant strictement les indications du Codex.

	Poids de l'extrait par litre	Richesse alcoolique don- née par l'Al- coomètre	Richesse alcoolique don- née par le Réfractomètre
Teinture d'aconit. . .	26gr.7	56°	60°9
— arnica . . .	30 2	60°	68°3
— belladone . .	14 »	58°5	51°6
— ciguë . . .	19 5	55°	53°8
— digitale. . .	32 1	59°	65°2
— jusquiame .	23 5	54°	56°0
— noix vomique	22 2	85°5	69°9

Nos recherches sur les teintures se sont bornées à ces quelques déterminations, car des occupations inattendues ont absorbé les derniers moments que nous aurions voulu consacrer à notre travail pour le rendre plus complet.

On voit que, par ces quelques expériences, il est difficile de tenir une conclusion sur la détermination du degré alcoolique des teintures. Cependant, les déterminations directes que nous avons faites au moyen du réfractomètre d'Amagat, ne paraissent pas offrir une grande rigueur, et cela sans doute à cause de l'influence des matières dissoutes dans l'alcool sur l'indice de réfraction de celui-ci. Pour obtenir le degré alcoolique exact, nous aurions également voulu le déterminer après la distillation des teintures.

Pour quelques teintures riches en essences, nous avons essayé divers procédés, que le temps ne nous a pas permis de rendre suffisamment pratiques ; c'est que, dans ce cas, la distillation ne suffit pas, parce qu'une partie des essences passe à la distillation.

En résumé, les procédés employés pour la détermination du degré alcoolique sont très variés. Leur valeur est bien différente.

Nous ne revenons pas sur chaque appareil en particulier ; nous avons indiqué, dans le courant de notre étude, les imperfections et les avantages de chacun d'eux. Nous nous contentons de renvoyer au chapitre spécial qui les décrit.

Si l'on a affaire à un liquide complexe, il est toujours préférable d'en isoler l'alcool par distillation et de prendre la densité de celui-ci par la méthode du flacon.

Cette manipulation n'étant qu'une opération de laboratoire, elle ne peut guère être mise en pratique que par des expérimentateurs au courant de ces déterminations.

Le procédé de l'alcoomètre prend place immédiatement après

la méthode du flacon ; mais la distillation préalable qu'il faut effectuer demande un temps assez long ; et dans les laboratoires où l'on a un grand nombre de dosages d'alcool à faire, on se sert de batteries d'alambics qui permettent d'opérer sur plusieurs échantillons à la fois.

Le réfractomètre d'Amagat abrège la durée de la distillation, car elle se fait sur une très petite quantité de liquide. Ses indications sont assez exactes.

Pour éviter la distillation, on se sert aujourd'hui couramment des ébullioscopes et ébulliomètres. Ces appareils donnent un degré alcoolique se rapprochant assez du degré exact, et entre des mains peu expérimentées il fournit des résultats tout au moins aussi satisfaisants que la distillation.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- American chemist, t. VI — 1878.
Annals of Philosophy.
Annales de l'Ecole Normale Supérieure. t. VIII.
Annales de chimie et de physique.
BERNARD. — Alcoométrie. Paris, Gauthier-Villars.
BOLLEY et KOPP. — Physique.
Bulletin commercial des vins et alcools, 10 oct. 1892.
Bulletin de la Société d'Hist. nat. de la Savoie, n° 2.
Bulletin de la Société royale de pharm. de Bruxelles, juillet 1890.
Bulletin de la Société chimique de Paris.
Comptes-rendus de l'Académie des Sciences.
FRÉMY. — Encyclopédie chimique, t. X.
FRESENIUS. — Chimie analytique.
GAUTIER. — Sophistication des vins, 4^e édition.
GAY-LUSSAC. — Instruction pour l'usage de l'alcoomètre. 1824.
HUSSON. — Du vin.
LAGO. — Thèse de l'Ecole de Pharmacie de Paris.
LEJEUNE. — Thèse de l'Ecole de Pharmacie de Paris, 1872.
Journal de pharmacie et de chimie.
MAGNIER DE LA SOURCE. — Traité sur les vins.
MALOSSE (Th.). — Manipulations de physique.
Moniteur vinicole, 13 octobre 1893.
Nature, 9 décembre 1893.
NICLOZ. — Instruction pour l'emploi du vino-alcoomètre Andrieu.
PINSON et PETIT. — Graduation de l'alcoomètre de Gay-Lussac dans
l'eau et vérification de l'alcoomètre. Gauthier-Villars, Paris.
Revue des inventions techniques appliquées à la pharmacie.

Philosophical transactions, année 1718.

Revue de chimie appliquée, 1862.

SALLERON. — Etude sur la température d'ébullition, Paris 1876.

— Etude sur l'essai des vins au moyen de l'ébulliomètre.

Union pharmaceutique.

VIARD. — Traité général des vins.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Montpellier, le 18 juillet 1896.

Pour le Recteur :

L'Inspecteur d'Académie délégué,

L. YON.

VU ET APPROUVÉ :

Montpellier, le 18 juillet 1896.

Le Directeur,

JEANJEAN.

LISTE DES PRÉPARATIONS

Ammoniaque pure, 1 litre.

Hypophosphite de soude.

Sublimé corrosif.

Bromure d'ammonium.

Mannite.

Liqueur de Van Swieten.

Pilules asiatiques.

Extrait aqueux d'absinthe.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	v
CHAPITRE PREMIER. — MÉTHODES BASÉES SUR LA DÉTERMINATION DE LA DENSITÉ DU MÉLANGE D'EAU ET D'ALCOOL	13
A. Cas d'un mélange hydro-alcoolique ne renfermant que de l'eau et de l'alcool.	14
B. Cas d'un mélange hydro-alcoolique renfermant des substances en dissolution	53
Procédés divers utilisant les densités	71
CHAPITRE II. — MÉTHODES BASÉES SUR LES PHÉNOMÈNES CAPILLAIRES	73
CHAPITRE III. — PROCÉDÉ BASÉ SUR LA DILATATION	87
CHAPITRE IV. — MÉTHODES BASÉES SUR LA DÉTERMINATION DE LA TEMPÉRATURE D'ÉBULLITION	89
Congélation	111
CHAPITRE V. — MÉTHODES BASÉES SUR LES TENSIONS DE VAPEUR	112
CHAPITRE VI. — MÉTHODES BASÉES SUR LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES SE RAPPORTANT AUX SOLUBILITÉS	116

CHAPITRE VII. — MÉTHODE BASÉE SUR LES INDICES DE RÉFRACTION	119
CHAPITRE VIII. — MÉTHODE PHYSICO-CHIMIQUE.	123

Expériences et Conclusions

Mélanges hydro-alcooliques	126
Vins ordinaires.	131
Vins piqués	136
Absinthes.	137
Teintures pharmaceutiques.	139
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE	142
